



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

|                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| DOMANDA NUMERO     | 102007901561239 |
| Data Deposito      | 03/10/2007      |
| Data Pubblicazione | 03/04/2009      |

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| B       | 29     | C           |        |             |

Titolo

PROCEDIMENTO PER L'ASSEMBLAGGIO DI STRUTTURE ALARI

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:  
Procedimento per l'assemblaggio di strutture alari.  
Di: ALENIA AERONAUTICA S.p.A., nazionalità italiana,  
Viale dell'Aeronautica s.n.c., 80038 Pomigliano  
d'Arco (NA)

Inventori designati: MAZZOCCHI Giovanni; LANFRANCO  
Giovanni.

Depositata il 3 ottobre 2007.

#### DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento per la fabbricazione di strutture alari.

Per una migliore comprensione dello stato della tecnica e dei problemi a esso inerenti, verrà dapprima descritto un procedimento di tipo noto, facendo riferimento alle figure da 5 a 9. Come noto, le ali dei moderni velivoli hanno una struttura interna 20 composta da longheroni e centine, rivestita esternamente da un pannello inferiore 10 e da un pannello superiore 12. Secondo la tecnica corrente, si inizia a costruire un'ala fissando il pannello inferiore a una struttura statica di supporto (cosiddetto scalo di costruzione, non illustrato), sostanzialmente verticale che trattiene il pannello nella forma corretta secondo il profilo alare prestabilito. Sulla superficie superiore del

pannello inferiore vengono poi disposti e quindi chiodati i longheroni e le centine costituenti la struttura interna dell'ala.

Affinché l'ala abbia il profilo alare stabilito dal progetto, è indispensabile che il pannello superiore venga fissato al resto dell'ala su una superficie congruente o corrispondente in modo preciso al profilo alare prestabilito. Gli esperti del settore sanno che se il pannello superiore venisse chiodato direttamente sulla sommità dei longheroni e delle centine già montati, esso assumerebbe una superficie irregolare, ondulata, con tensioni indotte da deformazioni impresse localmente per adeguare il pannello superiore alla superficie sommitale della struttura costituita da longheroni e centine. Occorre quindi interporre tra la superficie sommitale della struttura interna e la superficie inferiore del pannello di rivestimento superiore uno spessore, variamente sagomato, e avente altezza variabile in modo tale che il pannello superiore possa appoggiare con continuità su una superficie di contatto precisa, in modo tale da seguire il profilo alare prestabilito.

Attualmente, come illustrato nella figura 5, un sottoinsieme 30 dell'ala in costruzione, com-

prendente il pannello inferiore 10 e la struttura interna 20 fissata su di esso, viene trasferito mediante un'apparecchiatura di trasporto T dallo scalo di costruzione a una postazione di un impianto di compattazione. Qui (figura 6) il sottoinsieme dell'ala viene coricato orizzontalmente e, mediante un robot, si applica lungo la sommità 21 della struttura interna 20 un adesivo S (*shim*) costituito da una resina indurente (solitamente una resina a due componenti caricata con fibre di vetro, alluminio e altro) destinata a riempire l'intercapedine tra la sommità della struttura interna e la superficie inferiore del pannello superiore 12. Poi (figura 7) mediante l'apparecchiatura T si appoggia il pannello superiore 12 sulla sommità 21 della struttura interna dove è stato applicato lo *shim* S. Poi si chiude l'impianto di compattazione (figura 8): il pannello superiore 12 viene poi pressato verso il basso (figura 8) mediante una stadia U opportunamente conformata per costringere il pannello superiore ad assumere il profilo alare stabilito dal progetto. Occorre poi attendere circa 24 ore per lasciare che lo *shim* indurisca almeno parzialmente. La chiusura dell'impianto di compattazione porta il pannello superiore a poggiare in alcuni punti sulla

struttura interna, mentre nelle rimanenti zone esso comprime lo *shim*, che è stato applicato in eccesso. Successivamente si apre l'impianto di compattazione, si rimuove il pannello superiore 12 e (figura 9) si rifilano mediante una fresa C gli eccessi di *shim* che è debordato lateralmente dai longheroni e dalle centine della struttura interna, aspirando via i trucioli. Si può quindi ri-trasferire l'ala dalla postazione di applicazione dello *shim* allo scalo di costruzione, e si può proseguire con la lavorazione dell'ala. È noto che in questa fase occorre accedere agli spazi interni per collocarvi i vari dispositivi e impianti, prima di applicare il pannello superiore.

Il procedimento sopra discusso comporta diversi svantaggi: occorre, infatti, effettuare due trasferimenti dell'ala in costruzione dallo scalo alla postazione di applicazione dello *shim*; vi sono dei tempi morti per l'attesa della polimerizzazione dello *shim*; occorre predisporre e utilizzare un impianto di compattazione; occorre infine rifilare le parti di *shim* che sono debordate e aspirare i trucioli che ne risultano. Inoltre, occorre utilizzare *shim* di consistenze diverse quando lo spessore da riempire o compensare supera una certa altezza, ge-

neralmente quando supera 1,5 mm. L'operatore deve avere una notevole esperienza per capire o intuire, prima che lo shim venga applicato, che in certi punti lo spessore sarà maggiore della quota prestabilita, e che quindi dovrà applicare localmente un impasto di consistenza diversa e/o disporre un listello di spessoramento.

Uno scopo generale della presente invenzione è di proporre un procedimento di costruzione che consenta di ovviare agli inconvenienti sopra discussi, affrontando in via principale il problema di ottimizzare le fasi di produzione e ridurre i relativi tempi e costi. Un altro scopo specifico dell'invenzione è di produrre strutture alari aventi un profilo preciso. Un ulteriore scopo dell'invenzione è di ridurre al minimo le fasi di trasferimento e movimentazione, sia per ridurre le apparecchiature dedicate a questo scopo, e sia per aumentare la sicurezza degli operatori.

Questi e altri scopi e vantaggi, che saranno compresi meglio in seguito, sono raggiunti, secondo l'invenzione, da un procedimento come definito nelle rivendicazioni annesse.

Verrà ora descritta una forma di attuazione preferita ma non limitativa dell'invenzione. Si fa

riferimento ai disegni allegati, in cui:

la figura 1 è una vista prospettica che rappresenta una fase di scansione di due parti di un'ala in costruzione;

la figura 2 mostra un computer per l'elaborazione delle immagini digitali generate dalle scansioni della figura 1;

la figura 3 illustra schematicamente un certo numero di inserti di compensazione;

la figura 4 mostra l'applicazione degli inserti della figura 3 su una delle parti d'ala illustrate nella figura 1;

le figure da 5 a 9 illustrano fasi operative di un procedimento tradizionale per l'assemblaggio di un'ala di velivolo.

Facendo ora riferimento alla figura 1, inizialmente si preassembla un sottoinsieme 30 costituito dal pannello inferiore 10 dell'ala con la struttura interna 20 dell'ala fissata sulla superficie superiore o interna 11 del pannello mediante processi di per sé noti. Si preassembla anche il pannello superiore 12 dell'ala. In tutta la presente descrizione e nelle rivendicazioni, i termini e le espressioni indicanti posizioni ed orientamenti quali "superiore" e "inferiore" si intendono rife-

riti alla condizione installata su un velivolo. Espressioni quali "interno" ed "esterno" sono invece riferite a posizioni dentro e fuori dal corpo dell'ala.

Il sottoinsieme 30 e il pannello superiore 12 vengono trattenuti da rispettive dime o rack 40 in modo tale che assumano le rispettive condizioni di forma stabilite da progetto in conformità con il profilo alare desiderato. Mediante uno o più mezzi di lettura ottici, quali scanner 50, si effettuano rispettive scansioni della superficie sommitale 21 della struttura interna 20 dell'ala e della superficie inferiore 13 del pannello superiore, o almeno delle zone (indicate in tratteggio con 14 nella figura 1) di tale superficie che si prevede debbano essere posizionate, una volta montato il pannello superiore, allineate o in corrispondenza della superficie sommitale 21 della struttura interna.

Gli scanner 50 generano un'immagine o modello digitale tridimensionale di ciascuna superficie e le trasmettono ad un'unità di controllo ed elaborazione 60 - tipicamente un PLC o *Programmable Logic Controller* o un PC (*Personal Computer*) - dotata di software applicativo per l'acquisizione delle immagini digitali, la loro elaborazione, e la genera-

zione di un unico modello matematico tridimensionale rappresentativo dello spessore di compensazione che deve essere previsto tra la superficie sommitale 21 della struttura interna 20 e le parti 14 della superficie inferiore 13 del pannello superiore 12, affinché quest'ultimo assuma la forma stabilita dal progetto. Il modello tridimensionale dello spessore di compensazione viene quindi trasferito a macchine di *rapid manufacturing*, che realizzano uno o più spessori o inserti 70 (figura 3). Questi sono elementi che, visti in pianta, hanno forme corrispondenti alla superficie sommitale 21 della struttura interne o a sue porzioni, e spessore variabile in modo tale per cui, interponendoli tra le due superfici 14 e 21, distanziano opportunamente la struttura 20 dal pannello superiore affinché questo assuma un profilo esattamente coincidente con il profilo alare prestabilito. In altre parole, gli inserti 70 realizzano insieme una superficie superiore di appoggio quanto più estesa e continua che corrisponde a quella del profilo alare desiderato.

Le tecniche e i mezzi necessari sia per la scansione delle due superfici 14, 21 tra le quali va applicato l'inserto (o gli inserti) di compensazione, e la scelta della particolare tecnologia per

la produzione degli inserti, non sono di per sé rilevanti ai fini della comprensione dell'invenzione, e non verranno pertanto qui descritte in modo particolareggiato. Per quanto riguarda la tecnologia da adottare per la fabbricazione dell'inserto di compensazione, essa potrà essere scelta tra le moderne tecniche di prototipazione e produzione rapida (*rapid prototyping and manufacturing*). Queste tecniche consentono la riproduzione di strutture molto intricate e dei dettagli più fini, anche dei sottosquadri. A titolo di esempio, potranno essere utilizzate tecniche per accrescimento, secondo le quali l'oggetto viene costruito per accrescimento mediante aggiunta e aggregazione successiva di particelle, fili o strati di materiale. Si citano, ad esempio, la stereolitografia (basata sulla fotopolimerizzazione), la sinterizzazione laser selettiva (*selective laser sintering*) basata sulla sinterizzazione diretta di polveri mediante laser, il *Laminated Object Manufacturing* basato sulla sovrapposizione di strati di carta termoadesiva, la *fused deposition modelling* basata sul riscaldamento ed estrusione di filamenti di materiale termoplastico, il *Solid Ground Curing* basato sulla solidificazione di liquido fotopolimerico o il *3-D Printing*, basato

sulla sinterizzazione di polveri tramite laser, o il *Multi-jet modelling* basato su un getto di inchiostro di materiale termoplastico.

È importante rimarcare che mentre si effettuano le fasi di scansione, creazione dei vari modelli matematici tridimensionali, e produzione pratica dello spessore, è possibile continuare a lavorare sull'ala aperta, sistemando all'interno di essa i vari dispositivi e impianti necessari.

Gli uno o più inserti di compensazione 70 vengono quindi applicati sulla superficie sommitale 21 della struttura interna, preferibilmente mediante un adesivo strutturale. Infine il pannello superiore 12 viene collocato sull'inserto di compensazione e chiodato definitivamente secondo il suo giusto profilo aerodinamico.

Come si potrà apprezzare, grazie alla presente invenzione si evitano diverse operazioni tradizionali come discusso nella parte introduttiva della descrizione. Innanzitutto non occorre rimuovere l'ala in costruzione dallo scalo né effettuare altri trasferimenti. La scansione della superficie inferiore o interna del pannello superiore e della superficie sommitale della struttura interna dell'ala viene effettuata con quest'ultima trattenuta

sullo scalo, senza necessità di smontarla. Poiché non occorre applicare alcuno *shim*, non occorre neppure predisporre apparecchiature per pressare il pannello superiore sullo *shim* applicato. Sono eliminati i tradizionali tempi morti di attesa dell'indurimento dello *shim*. Non occorre riaprire l'ala rimuovendo il pannello superiore, non occorre fresare per rifilare i bordi della struttura dall'eccesso di *shim*, né aspirare via i trucioli. Si è dispensati dal predisporre varie apparecchiature operative per l'applicazione dello *shim* e per la movimentazione e il trasferimento delle parti dell'ala in costruzione.

Si apprezzerà infine che lo spessore di accoppiamento può essere creato in tempi molto ridotti, che il procedimento è dotato di grande flessibilità, elimina e che la qualità finale dell'ala prodotta migliora.

Si intende che l'invenzione non è limitata alla forma di attuazione qui descritta ed illustrata, che è da considerarsi come un esempio del procedimento; l'invenzione è invece suscettibile di modifiche relative a forma e disposizioni di parti, scelta della tecnologia da adottare per la fabbricazione dello spessore, e dettagli costruttivi di

questo. Ad esempio, il software che gestisce la produzione dello spessore potrà stabilire che per le zone dove le due superfici affacciate 14 e 21 distano meno di una distanza minima predeterminata, non si produce alcuno spessore. Di conseguenza il numero di inserti usati per coprire la superficie sommitale 21 della struttura interna potrà variare sia in funzione delle dimensioni dell'area che si desidera che ciascun inserto vada a coprire, e sia di limiti dettati da zone di spessore minimo.

## RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per l'assemblaggio di una struttura alare di un velivolo comprendente una struttura interna (20) composta da longheroni e centine e rivestita esternamente da pannelli inferiori (10) e superiori (12), il procedimento comprendendo le fasi di:

- preassemblare un sottogruppo (30) che include la struttura interna (20) dell'ala fissata sulla superficie superiore o interna (11) del pannello inferiore (10),

- predisporre il pannello superiore (12); caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre le fasi di:

- trattenerne il sottogruppo (30) e, separatamente da questo, il pannello superiore (12), in modo tale che il pannello inferiore e il pannello superiore assumano rispettive condizioni di forma secondo un profilo alare prestabilito;

- scansionare, mediante mezzi di lettura ottici (50), la superficie sommitale (21) della struttura interna (20) e almeno zone (14) della superficie inferiore (13) del pannello superiore atte ad essere contrapposte o allineate verticalmente con la superficie sommitale (21) della struttura interna

nella condizione di ala assemblata, così da generare almeno una immagine o modello digitale tridimensionale di ciascuna di dette superfici scansionate (21, 14),

- elaborare dette immagini o modelli di superficie per generare almeno un modello matematico tridimensionale rappresentativo delle distanze tra dette superfici (21, 14),

- fabbricare, in base al modello matematico generato, almeno un inserto (70) avente spessore variabile corrispondente alle distanze tra dette superfici (21, 14),

- interporre detto almeno un inserto tra dette superfici (21, 14), e

- fissare il pannello superiore (12) alla struttura (20), ottenendo così il profilo alare prestabilito.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase di interporre l'inserto (70) tra le superfici (21, 14) include la fase di:

- applicare l'inserto o gli inserti (70) sulla superficie sommitale (21) della struttura interna.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che l'inserto (70) è appli-

cato sulla superficie sommitale (21) mediante un adesivo strutturale.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase di fabbricazione comprende la fabbricazione di un singolo inserto (70) avente una forma in pianta sostanzialmente corrispondente alla superficie sommitale (21) della struttura interna (20).

5. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase di fabbricazione comprende la fabbricazione di una pluralità di inserti (70) aventi ciascuno una forma in pianta sostanzialmente corrispondente ad una rispettiva porzione della superficie sommitale (21) della struttura interna (20).

6. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto almeno un inserto (70) è fabbricato usando una delle tecniche seguenti:

stereolitografia, sinterizzazione laser selettiva, *Laminated Object Manufacturing* con sovrapposizione di strati di carta termoadesiva, *fused deposition modelling* con riscaldamento ed estrusione di filamenti di materiale termoplastico, *Solid Ground Curing* con solidificazione di liquido fotopolimerico,

3-D Printing con sinterizzazione di polveri tramite laser, o Multi-jet modelling con getto di inchiostro di materiale termoplastico.

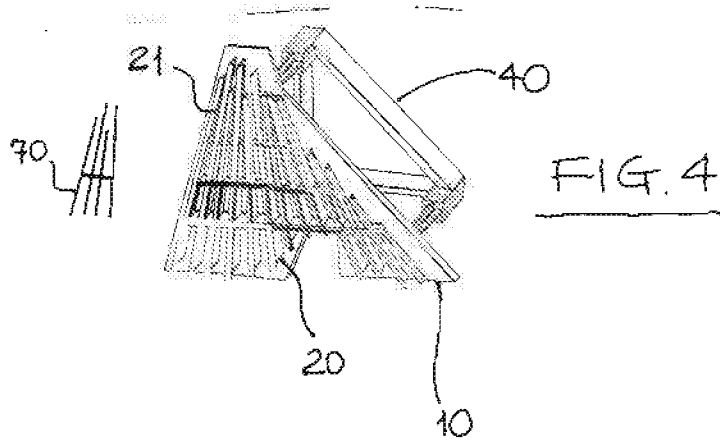
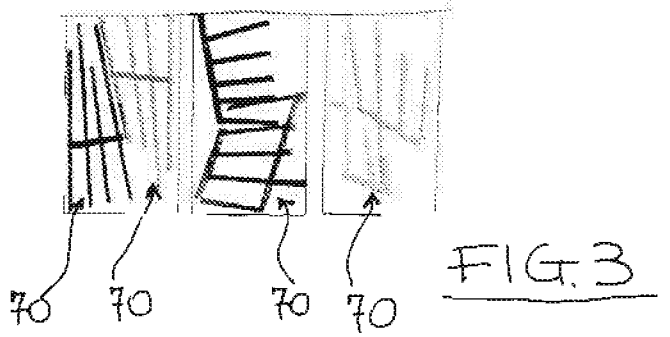
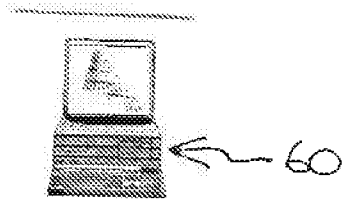
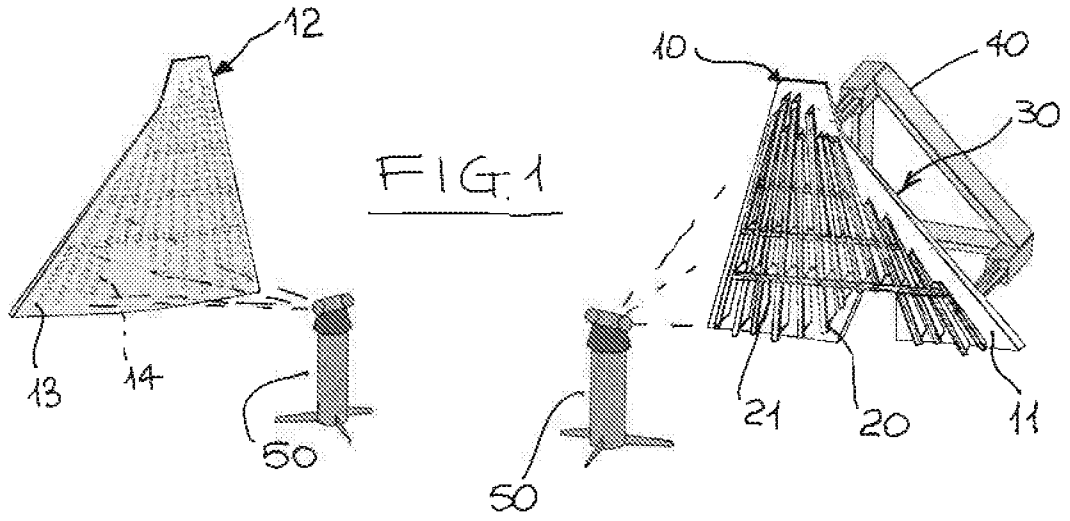


FIG. 5  
(TECNICA NOTA)

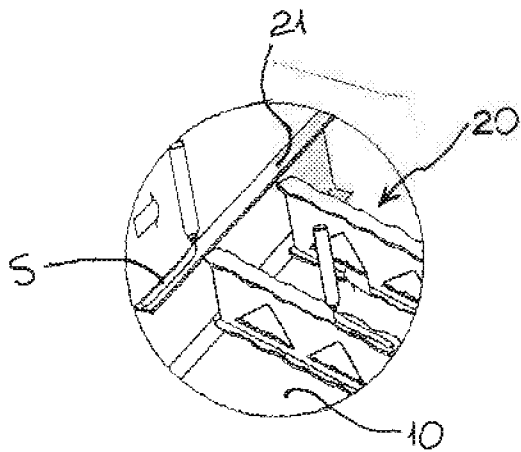
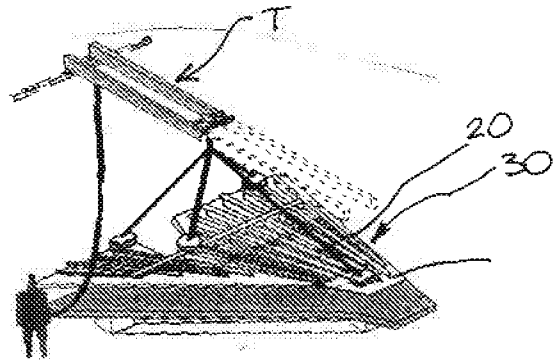


FIG. 6  
(TECNICA NOTA)

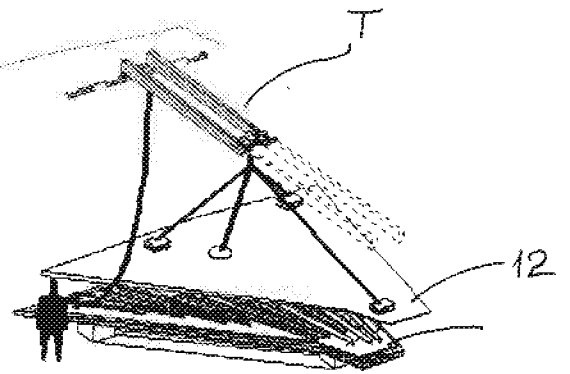


FIG. 7  
(TECNICA NOTA)

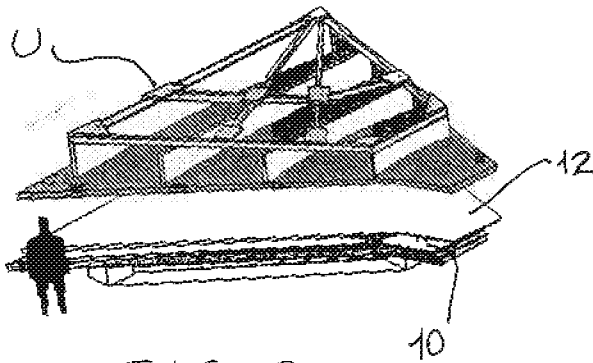


FIG. 8  
(TECNICA NOTA)

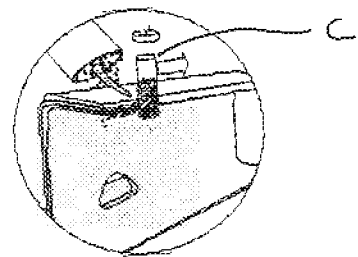


FIG. 9  
(TECNICA NOTA)