AEROSPACE STRUCTURES

28.9.2020

FUNZIONI DELLA STRUTTURA

La struttura di un veicolo volante normalmente ha una funzione duale:

- RESISTERE E TRASMETTERE LE FORZE AGENTI SULL'AEROMOBILE
- COMPORTARSI COME UNA COVER CHE PROVVEDE LA FORMA AERODINAMICA E PROTEGGERE IL CONTENUTO DEL VEICOLO DALL'AMBIENTE ESTERNO

e in modo contrastante deve necessariamente

[RISPETTARE IL CRITERIO DEL MINIMO PESO]

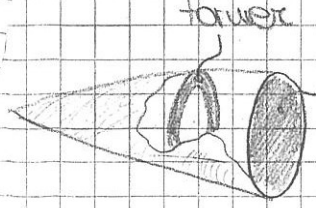
per questo il design più adatto a soddisfare tutte le richieste è quello di concentrare il materiale strutturale sulla superficie esterna del veicolo, che deve avere lo spessore minimo compatibilmente con la garanzia di avere la rigidezza e forza richiesta dal veicolo

Come risultato la maggior parte dei veicoli sono composti da

[SHELL or THIN WALLED STRUCTURES]

Nel caso di sezioni trasversali di dimensioni ridotte, soprattutto all'inizio della progettazione aeronautica, quindi nel caso di condizioni di carico leggere, i gusci non sono supportati da irrigidimenti longitudinali

Nel caso citato la soluzione è chiamata:



[MONOCOQUE SOLUTION:

THE STRUCTURE IS COMPOSED BY THIN SHEET COVERINGS AND TRANSVERSE SUPPORTING ELEMENTS (FORMERS AND BULKHEAD)]

tuttavia questa soluzione non può essere adottata negli aerei con dimensioni trasversali maggiori, dato che per sopportare le sollecitazioni si dovrebbe ricorrere a skin con uno spessore troppo grande.

Gli scudi di strutture con grandi dimensioni in direzione trasversale porterebbero quindi, nel caso in cui si opti per una soluzione monoscocca alla perdita di efficienza per cui si opta per ea:

body and aerodinamic surface →

> SEMI - MONOCOQUE SOLUTION
>
> THE STRUCTURE IS COMPOSED BY THIN-SHEET COVERINGS, LONGITUDINAL STIFFENING MEMBERS AND TRANSVERSE SUPPORTING ELEMENTS

che permettono, con l'impiego degli stringers, di bilanciare le forze in direzione assiale e lo shear bending.

In questo modo dunque abbiamo una divisione tra i ruoli:

> SKIN → SHEAR FROM TORSION + PURE SHEAR
>
> STRINGERS → SHEAR BENDING AND DIRECT NORMAL FORCES

dove gli stringer vanno a sviluppare forze normali e tagliate, mentre lo skin si vuole praticamente a sviluppare solo shear flows nel suo spessore.

osservazione: nel caso della soluzione monoscocca lo skin doveva bilanciare qualsiasi tipologia di forza e sollecitazione, cosa molto svantaggiosa se si pensa che lo spessore deve aumentare, anche in modo esponenziale e non lineare, con l'allontanarsi dal carico esterno

con la soluzione semi-monoscocca diventa possibile invece rispettare la richiesta del minimo peso, grazie alla sottilezza dello skin

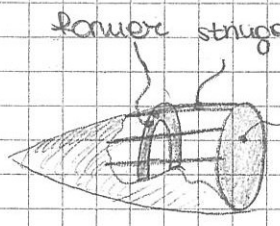
la concetto base che sta dietro alla configurazione semi-monoscocca è che:

> EACH COMPONENT MUST ASSUME A SPECIFIC FUNCTION IN THE BALANCING OF THE LOADS

e questo permette di concepire degli elementi molto sottili

SEMI-MONOCOQUE SOLUTION

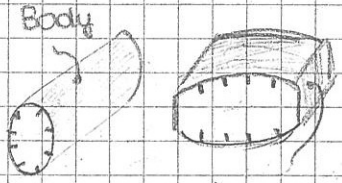
Andiamo ad analizzare quali sono i compiti delle diverse parti della struttura



SKIN:

- COVERING THE STRUCTURE AND MATERIALIZE THE AIRCRAFT AERODYNAMIC SHAPE
- REACTING AERODYNAMIC PRESSURE
- TRANSFERING AERODYNAMIC FORCES TO LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL ELEMENTS
- DEVELOPING SHEAR STRESS ABLE TO EQUILIB. APPLIED TORQUE AND SHEAR LOADS
- COOPERATING WITH LONGITUDINAL ELEMENTS TO RESIST BENDING AND AXIAL LOADS
- COOPERATING WITH LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL ELEMENTS TO RESIST, RESPECTIVELY, AXIAL AND CIRCUMFERENTIAL STRESS FROM PRESSURISATION

bending and axial loads by longitudinal elements



il carico dovuto alla pressurizzazione è un carico che produce tensione nella direzione longitudinale che circonferenziale che portano alla produzione di tensioni di hatch

2. 29.9.2020

Per quanto riguarda gli elementi longitudinali, si possiamo dividere in tre categorie in base alla dimensione longitudinale rispetto a quella trasversale:

- STRINGERS OR STIFFNERS (small cross section)
- LONGITUDINALS (medium cross section)
- LONGHERONS (large cross section)

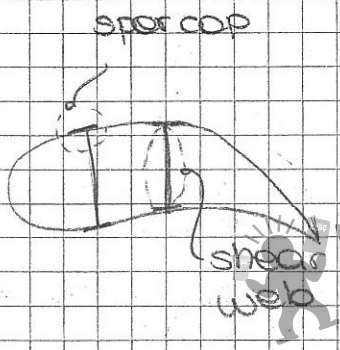
ma tutti hanno lo stesso ruolo in termini strutturali

LONGITUDINAL MEMBERS:

- RESISTING AXIAL AND BENDING LOADS ALONG THE SKIN
- DIVIDING THE SKIN INTO SMALL PANELS AND THEREBY INCREASING ITS BUCKLING AND FAILING STRESSES
- ACTING WITH THE SKIN IN RESISTING AXIAL LOADS CAUSED BY PRESSURISATION

La seconda funzione è quella che permette di limitare i fenomeni di instabilità o buckling nella skin, dividendola in più parti di dimensioni minori

La terza funzione è quella che è legata ai fenomeni di taglio da contrastare



Nei velivoli ad ala alta, abbiamo un altro elemento chiamato

[SPAR o LONGHERONE]

che normalmente si presentano a coppie per ogni ala (ne possiamo trovare tre configurazioni di grandi dimensioni ad una per piccole ali) e sono i principali elementi strutturali

Corrono nella direzione della luce dell'ala con un angolo dipendente da quello di freccia dell'ala rispetto alla fusoliera

Si divide in due parti, sono composti due componenti ed hanno, con due strutture normalmente diverse:

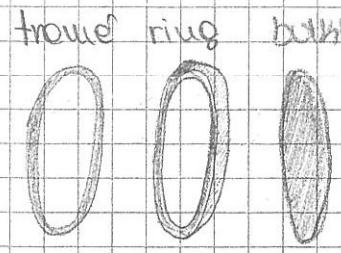
[CAPS : RESISTING, SIMILARLY TO LONGITUDINAL MEMBERS, AXIAL AND BENDING LOADS ALONG WITH THE SKIN AND DIVIDING THE SKIN INTO SMALL PANNELS (TO INCREASE ITS BUCKLING AND FAILING STRESSES)

WEB : DEVELOPING, SIMILARLY TO THE SKIN, SHEAR STRESSES ABLE TO EQUILIBRATE APPLIED TORQUE AND SHEAR LOADS]

Quindi possiamo assimilare il comportamento delle caps a quello degli stringers

Allo stesso modo i webs si comportano come la skin dell'ala

Gli ultimi elementi che vorremmo da discutere sono gli elementi trasversali che sono



- FRAMES OR RINGS AND BULKHEADS IN BODY STRUCTURES
- RIBS IN AERODINAMIC SURFACES

dove i bulkhead sono normalmente usati per dividere la parte pressurizzata dell'aereo da quella non pressurizzata



quando i frame non sono spessi vengono usati solo per mantenere la forma della skin, non potendo sostenere carichi concentrati direttamente; lo stesso si può dire per i rib

se invece queste strutture sono più robuste, si possono applicare direttamente forze concentrate, che tipicamente troviamo nei punti di congiunzione tra fusoliera ed ali

I compiti di questi elementi sono dunque quelli di:

- MAINTAIN THE CROSS-SECTION SHAPE
- DISTRIBUTE CONCENTRATED LOADS INTO THE STRUCTURE AND REDISTRIBUTE STRESSES AROUND STRUCTURAL DISCONTINUITIES (TANKS, ENGINES)
- DECREASE THE LENGHT OF THE STRINGERS TO IMPROVE THEIR RESISTANCE TO PRIMARY INSTABILITY PHENOMENA, INCREASE THE LOCAL BUCKLING AND CRITICAL STRESS OF THE SKIN
- DEVELOP SHEAR STRESSES ABLE TO EQUILIB APPLIED FORCES AND SHEAR LOADS
- COOPERATE WITH SKIN TO RESIST HOOP STRESSES FROM PRESSURISATION

il terzo punto è dato dal fatto che anche gli stringer si comportano come travi, quindi sono soggetti a fenomeni di instabilità a compressione, che portano, una volta raggiunto il carico critico, la struttura a deformarsi (perdita caratt aerodin skin)

se il pezzo viene ulteriormente caricato si ottiene una rottura catastrofica del pezzo.