



Istituto Tecnico Industriale
"Arturo Malignani"
Sezione Costruzione Aeronautiche

Lodolo Riccardo
Classe 5[^] AER B
A.S. 2011/2012

Tesina di tipo tecnico-scientifico
Esame di maturità 2012

LOCKHEED MARTIN F/A-22 RAPTOR (stealth fighter)



Riassunto analitico

In questo lavoro verrà illustrato il caccia Lockheed Martin F/A-22 Raptor, partendo dalla sua nascita ed arrivando fino ai giorni nostri. Verranno anche spiegate le varie parti che lo compongono e seguirà una breve descrizione delle stesse.

Abstract

In this work we shall learn about the Lockheed Martin F/A-22 Raptor, starting from its birth and coming up to the present days. The various parts that compose it will also be explained and a brief description of them will follow.

Sommario

INTRODUZIONE	2
IL PROGETTO DELL'F/A-22 RAPTOR	3
LA STEALTHNESS	4
Storia della stealthness	4
La stealthness sull'F-22	5
COSTRUZIONE E SISTEMI DI BORDO	9
I materiali compositi impiegati sull'F-22	10
Fusoliera	10
Ali	11
Superfici di coda	11
Cockpit	12
Strumentazione / Instrumentation	13
Avionica e sistemi di bordo	14
Radar	14
Carrello / Landing Gear	15
Sistema idraulico ed elettrico	15
Armamento	15
Motore	17
Curiosità	18
Conclusioni e bibliografia	19

INTRODUZIONE

Ai giorni d'oggi, i combattimenti aria-aria ed aria-terra sono i più complessi, sofisticati ed impegnativi teatri di guerra della storia. In essi troviamo richieste sempre crescenti di requisiti di capacità, costi astronomici e il raggiungimento dei limiti fisici del pilota nella cabina di pilotaggio.

L'F-22 rappresenta sicuramente lo sforzo concreto di mettere assieme tutte le caratteristiche richieste in un unico progetto. Esso quindi è letteralmente un jolly, in grado di affrontare ed eliminare velocemente qualsiasi tipo di nemico che operi nel più saturato e complesso ambiente di guerra elettronica della storia. Inoltre, esso è stato preparato in modo da sganciare in modo stealth armi da attacco al suolo, le quali, se fossero nucleari, sarebbero sicuramente le più letali e distruttive mai viste al mondo.

Quando tutte queste capacità sono racchiuse in questo magnifico velivolo, che non solo possiede una grande aerodinamicità e capacità di unire il potere di un caccia a quello di un bombardiere, ma anche l'invisibilità ai radar nemici, teoricamente esso non ha pari al mondo. Tutte queste sue capacità sono racchiuse nel suo nucleo, nei suoi sistemi multipli e sottosistemi e nelle armi, grazie ai quali, secondo la Lockheed Martin, diventerà il super caccia della terra desiderato dall'USAF.

Tutte queste caratteristiche, come si era capito, vengono prodotte non solo ad un alto costo di produzione, ma anche in valore di affidabilità, manutenzione ed accessibilità. Come risultato, l'F-22 mantiene un profilo pubblico estremamente elevato, diventando un obiettivo molto controverso tra la politica ed il suo costo.

Anche per gli standard americani, l'F-22 è un velivolo estremamente costoso. Si pensi che un solo velivolo arriva a costare tra i 200 ed i 250 milioni di dollari. Questo è dovuto all'aumento continuo dei costi del progetto iniziato nel 1986 che è giunto al 127%, ossia ad un costo totale stimato di ben 80 bilioni di dollari. Proprio per il suo alto prezzo di produzione, ci si chiede ancora se vale veramente la pena spendere tutti quei soldi per un velivolo del quale non si conoscono neanche per certo le vere doti in battaglia. Gli stessi analisti stanno ancora cercando di capire se esista o meno una minaccia in cielo contro la quale serva necessariamente l'F-22.

Costi a parte, l'F-22 è probabilmente il miglior progetto mai fatto dall'uomo che abbia mai volato. Addirittura migliore dei progetti venuti prima di lui, come l'F-14, l'F-15, l'F-16 o l'F-18. Esso è particolarmente superiore in termini di manovrabilità, velocità, guerra elettronica, armamento e stealthness. Si pensi inoltre che il suo progetto è partito da zero senza utilizzare alcun altro progetto esistente e quindi le fatiche che sono state fatte per realizzarlo sono enormi.



Ora tocca a esso dimostrare veramente le sue reali tecnologie in modo che sia apprezzato da tutti.

IL PROGETTO DELL'F/A-22 RAPTOR

Il 26 luglio del 1986, fra cinque progetti richiesti per lo sviluppo di un caccia di 5^a generazione che includesse la bassa osservabilità (stealthness), l'abilità di viaggiare a velocità supersoniche senza l'uso dei postbruciatori per molti chilometri e l'impiego di tecnologie avanzate, furono scelti i due progetti presentati rispettivamente dalla Lockheed Martin e della Northrop che erano superiori a quelli dalla Boeing, della General Dynamics e della McDonnell Douglas. Tuttavia, si ritenne che qualche particolare presente nei progetti degli ultimi tre poteva andare bene per completare i primi due scelti.

Nacquero così due consorzi fondati dalla Lockheed e dalla Northrop, ai quali furono assegnati 691 milioni di dollari a testa per la realizzazione di due prototipi da poter presentare. Di questi 691 milioni, circa 100 milioni erano destinati al radar e ai sensori elettrici, 200 milioni all'avionica e alle sue integrazioni, mentre i fondi rimanenti servivano per la cellula e per altri vari compiti. Per i motori furono aggiunti a ciascun progetto 650 milioni di dollari.

I due prototipi della Lockheed furono l'N22YF (alimentato da un motore General Electric YF120-GE-100) e l'N22YX (alimentato da un motore Pratt & Whitney YF119-PW-100). Quelli della Northrop furono l'N231YF (alimentato da un motore Pratt & Whitney YF119-PW-100) e l'N232YF (alimentato da un motore General Electric YF120-GE-100).



I test cominciarono sui prototipi, prima con prove a terra e successivamente con prove in volo, dove si testavano i vari apparati elettronici e meccanici, nonché i motori e gli armamenti del velivolo.

Alla fine dei vari test si decise di scegliere il modello proposto della Lockheed che dimostrò di avere elementi in più rispetto a quello della Northrop. Il primo volo del prototipo YF-22 avvenne il 27 settembre 1990.

Le varie aziende che producevano il prototipo della Lockheed si divisero i compiti in base alle loro capacità di lavoro e di produzione. Ad esempio, la Lockheed si prese carico dei sistemi d'arma, dell'aerodinamica, del sistema avionico e delle sue integrazioni, della fusoliera anteriore (incluso il cockpit e le prese d'aria), del bordo d'entrata e delle estremità alari, dei timoni degli stabilizzatori, dei flap ed infine del montaggio finale del velivolo. Per la Boeing: le ali, la parte centrale della fusoliera e gli impennaggi, i sottosistemi, i carrelli e i controlli di volo.

Molte altre aziende si divisero i vari lavori per la realizzazione dell'YF-22 A: si pensi che le aziende coinvolte furono ben 650, sparse in ben 32 stati diversi.

Tuttavia si presentarono altri problemi sul prototipo della Lockheed come, ad esempio, la riconfigurazione della forma a diamante delle ali, la quale era da migliorare per avere un angolo di attacco superiore, oppure gli inversori di spinta, i quali furono tolti per poter installare la spinta

vettoriale negli ugelli di scarico del motore per aumentare ancora di più l'angolo d'attacco del velivolo.

Alla fine tutti i vari problemi che sorsero furono risolti per dare finalmente il via alla produzione e messa in servizio del primo esemplare di F-22A che entrò in servizio il 15 dicembre 2005.

LA STEALTHNESS

La tecnologia Stealth permette di diminuire l'osservazione del proprio velivolo dai radar nemici attraverso un insieme di accortezze di tipo tattico, tecnico ed anche tecnologico. Essa diventa una vera e propria filosofia piuttosto che una scienza, in quanto l'essere visti dai nemici può essere fondamentale per non essere attaccati, ma, al contrario, per coglierlo di sorpresa e senza che si possa difendere.

Storia della stealthness

L'idea di non essere avvistati dai radar nemici si vide già con l'avvento del radar introdotto dagli inglesi durante la Seconda Guerra Mondiale. Essa sfrutta diverse tecniche per cercare di evadere la ricezione nemica come, ad esempio, l'utilizzo di diversi tipi di tinte in modo da mimetizzarsi con l'ambiente circostante, di materiali particolari in modo da ridurre al minimo la segnatura radar, ossia la Radar Cross Section (RCS), oppure dando forme particolari agli oggetti.

Quindi, con l'aumentare della tecnologia impiegata nella costruzione dei radar e di conseguenza della capacità di localizzazione in qualsiasi condizione meteorologica e con onde che ormai raggiungevano già la velocità della luce, si è incominciato a pensare che sarebbe stato impossibile diventare "invisibili" ai radar nemici. Tuttavia, si è capito che, per evadere dalla ricezione radar, si possono impiegare soluzioni incentrate su vari principi di disturbo.

Il primo è il disturbo di tipo attivo, il quale avviene mediante delle contromisure elettroniche (ECM), come ad esempio il lancio dei chaff, i quali non sono altro che delle striscioline metalliche che ingannano il radar, oppure volando in modo radente seguendo la morfologia del terreno sottostante al velivolo.



Altro metodo di inganno è quello di agire sulla forma del velivolo in modo che distorci le onde di eco del segnale che arrivano al ricevitore radar. Infatti, il segnale di ritorno dipende per la maggior parte dalla forma che l'oggetto possiede. Quindi, più un oggetto risulta avere forme affusolate ponendo addirittura le superfici ad un angolo specifico, più il segnale di ritorno sarà diminuito.

Viceversa, più si useranno forme squadrate ed angoli vivi, maggiore sarà il segnale di ritorno. Ad esempio, un Boeing 747 possiede una traccia radar nettamente inferiore a quella di un camion proprio per questo semplice motivo.

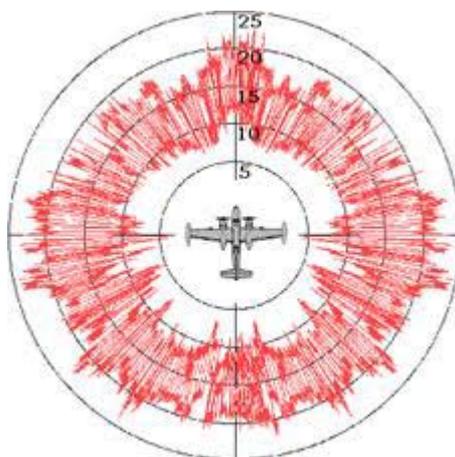
LA STEALTHNESS SULL'F-22

La tecnologia Stealth è sicuramente uno fra i più importanti punti di forza dell'F-22A Raptor. Infatti esso si vuole affiancare ai suoi predecessori famosi per la loro bassa ricezione radar (RCS), come l'F-117 Nighthawk, aereo d'attacco al suolo, l'SR-71 Blackbird, ricognitore strategico o il B-2 Spirit, bombardiere strategico transonico.

Gli studi effettuati dalla Lockheed Martin sulle caratteristiche stealth che il loro nuovo velivolo doveva possedere riguardavano vari aspetti del velivolo tra cui: le caratteristiche fondamentali della Radar Cross Section (RCS), la forma del velivolo, rivestimento e superficie assorbente, rivestimenti per le alte temperature, le scie dei motori, progettazione della componentistica e la radiazione infrarossa (IR).

Radar Cross Section (RCS)

Troviamo due criteri basilari per la riduzione della traccia radar che sono: la forma per minimizzare le onde di ritorno e il rivestimento per assorbire e cancellare l'energia delle onde radar. Entrambi questi parametri devono essere usati coerentemente durante la progettazione del velivolo per garantirne il livello di bassa osservabilità sotto appropriati range di frequenza elettromagnetica.



Forma

Per quanto riguarda la forma, troviamo un vantaggio enorme nel posizionare le superfici del velivolo in modo tale che le onde lo colpiscano con angoli ad essa tangenziali, ossia prossimi allo zero, evitando così angoli o bordi che presentino angoli retti.

Ad una prima approssimazione, quando il diametro di una sfera è significativamente largo rispetto alle onde radar, la sua sezione riflettente (RCS) è uguale alla sua area geometrica frontale. La stessa cosa si può affermare di una piastra opaca posizionata con una incidenza normale rispetto alla direzione di volo, la quale funziona come uno specchio e il cui eco di ritorno sarà 1000 volte superiore rispetto all'eco della sfera di prima. Se ora proviamo a far ruotare la piastra su un lato in modo che tra il bordo della piastra e la direzione delle onde radar ci siano 120° , il suo eco sarà 1000 volte minore e quindi ritorna ad essere come quello della sfera. Se invece facciamo ruotare la piastra su una diagonale dell'onda entrante, troviamo che la traccia radar diminuirà di 10 000 000 di volte se l'angolo formato sarà prossimo allo 0° .

Tuttavia, il problema maggiore rimane per tutte le cavità o spazi stretti in cui le onde radar rimbalzano internamente e vengono rimandate all'esterno con inclinazioni diverse da quelle emesse dalla superficie del velivolo, ad esempio le prese d'aria e gli scarichi dei motori, gli spazi fra le pannellature, le prese statiche o dinamiche e tutte le altre fessure presenti su un aereo. Esistono delle

formule particolari che studiano gli angoli di eco delle onde radar che impattano con il velivolo, le quali sono elaborate da computer particolari.

Rivestimento ed assorbimento

È abbastanza chiaro che l'allineamento delle superfici è molto importante sia, ad esempio, per le prese d'aria sia per gli scarichi del motore, che rappresentano entrambi due grandi cavità dove il riflesso radar è molto accentuato grazie anche all'attenuazione del materiale che li compone.



Quindi permeabilità e costante dielettrica sono due parametri fondamentali che caratterizzano l'attenuazione della riflessione del materiale. Essi variano entrambi in modo considerevole con il variare della frequenza in diversi casi ed in base al tipo di materiale adoperato. Inoltre, affinché un rivestimento sia efficace, deve avere uno spessore che sia vicino a un quarto della frequenza d'onda di interesse.

Rivestimenti per alte temperature

La riduzione della traccia radar data dagli ugelli dei motori risulta essere molto importante, però è molto difficile ridurla per le alte temperature presenti in quelle zone. I requisiti di progettazione elettromagnetica per il rivestimento di quelle zone non differisce di molto da quello per le zone fredde, ma il problema si ha per l'integrità strutturale del materiale impiegato che a quelle temperature elevate potrebbe avere dei problemi.

Scie dei motori

Il problema dell'eco di ritorno delle onde radar delle scie dei motori è dovuto alla sua ionizzazione durante lo scarico. Questo è dovuto particolarmente a delle particelle resistive come il carbonio contenute nei gas di scarico. Il fenomeno di aumento dell'eco delle onde radar si ha principalmente quando il motore viaggia a regimi molto elevati e con i postbruciatori attivati che ionizzano ancora di più le particelle dei gas di scarico, rispetto a quando il motore viaggia con dei regimi di volo non sostenuti e dove i postbruciatori rimangono spenti.

Progettazione della componentistica

Quando la traccia radar del velivolo è stata portata ad un livello molto basso, i dettagli diventano un elemento importantissimo. I pannelli di accesso e i bordi dei vani, come già detto sopra, possono diventare la maggiore fonte di riflesso radar, se non si prendono dei provvedimenti. Basandoci sul discorso della piastra di prima, è controproducente posizionare un bordo di un vano in direzione perpendicolare a quella della direzione del volo e, per questo motivo, si cerca di usare pannelli che non abbiano forme rettangolari. Una soluzione non è solo quella di levigare i bordi del pannello, ma anche quella di allineare questi bordi con altri bordi principali del velivolo stesso.

Un altro elemento che provoca riflessioni radar è l'elmetto del pilota: infatti, al suo interno, troviamo delle particolari paratie che assorbono e fanno rimbalzare in modo particolare le onde radar. Per questo motivo si è pensato di isolare il cockpit con un pannello in resina termoindurente (thermosetting resin) ricoperta con un film particolare che impedisce alle onde radar di penetrare nella cabina di pilotaggio ed allo stesso tempo impedisce la riflessione degli strumenti sullo stesso durante il volo notturno.

Su un aereo provvisto di fly-by-wire non possono mancare sensori, sonde e soprattutto antenne disperse su tutta la superficie dell'aereo, le quali diventano una sorgente di riflessione radar che viene ridotta studiando forme particolari che ne limitino la rifrazione.



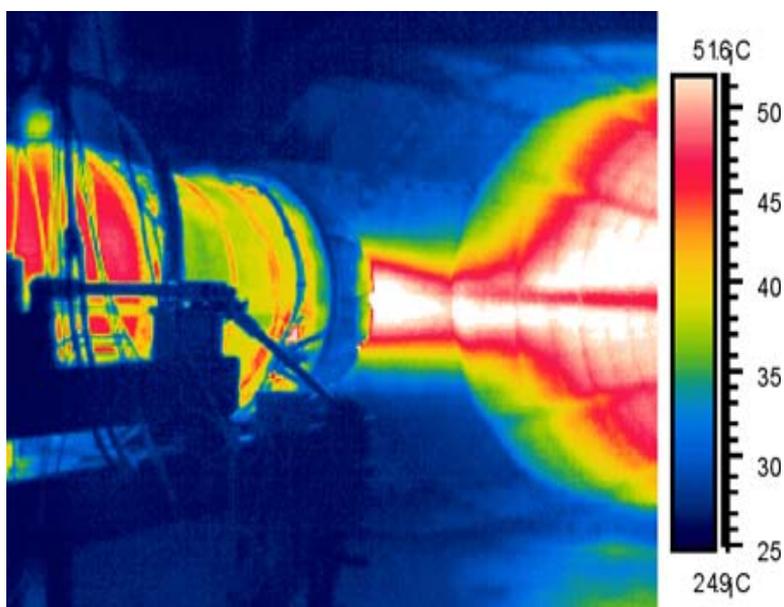
Radiazioni infrarosse (IR)

Troviamo due significative sorgenti di radiazioni infrarosse sull'F-22: le parti calde e le scie dei motori. Le due variabili fondamentali disponibili per ridurre le IR sono la temperatura e l'emissività, e l'unico mezzo per ridurle è cercare di diminuirne la traccia. L'emissività può essere addirittura un'arma a doppio taglio, soprattutto se dentro un condotto. Quindi bisogna pensare non solo ad isolare la fonte di calore, ma cercare di trovare un percorso unico dove incanalare il calore provocato dai motori per ridurre le zone calde. Per cercare di ridurre queste radiazioni di calore, gli scienziati della Lockheed avevano inventato prima un rivestimento di un legante trasparente con all'interno dei frammenti polverulenti di metallo per poi arrivare a dei materiali multistrato che riducevano notevolmente la traccia IR ed erano più sottili e quindi più leggeri del precedente. Tuttavia, tutti questi accorgimenti per ricoprire le zone calde sono quasi inutili, in quanto rimane sempre presente nei gas di scarico il carbonio che non può essere eliminato in nessun modo, ma si accumula sulle pareti dei motori. Quindi si può capire che l'emissività non può essere annullata, ma solo ridotta.

L'altro fattore è quello della riduzione della temperatura. Secondo una legge, la radiazione infrarossa è direttamente proporzionale al prodotto tra l'emissività e la temperatura, il tutto elevato alla quarta potenza. Tuttavia, per la vasta gamma di frequenze che le onde radar possono assumere, si è optato per aumentare la potenza dalla quarta all'ottava potenza e, per questo, anche una piccola riduzione di temperatura può avere dei benefici nella riduzione della traccia.

$$IR = (Emissività \times Temperatura)^8$$

Una soluzione per la riduzione della traccia radar è quella di “mascherare” le scie dei motori usando il principio che adottano anche l'F-117 Nighthawk e il B-2 Spirit, ossia quello di utilizzare degli ugelli capaci di diminuire notevolmente la temperatura dei gas di scarico rispetto a degli ugelli normali. Quindi si utilizzeranno dei motori che avranno un grande raffreddamento esterno degli stessi per ridurre il calore sia delle parti vicine che dei gas di scarico. Tuttavia, oltre al motore, si è visto che anche altri pezzi subiscono riscaldamento durante il volo anche se non sono necessariamente vicini ai motori, come, ad esempio, i bordi di entrata delle ali e dei timoni, i quali sono protetti da particolari vernici che riducono la temperatura e quindi la possibile traccia IR.



Si può concludere che la bassa osservabilità è ottenuta grazie alla combinazione di forma, materiali e alla cura del progetto. Tuttavia i costi sono un fattore che influenza notevolmente il campo della bassa traccia radar, ma per l'F-22 questo problema non ha importanza in quanto si vuole realizzare un caccia di superiorità aerea a tutti gli effetti mai costruito prima.

COSTRUZIONE E SISTEMI DI BORDO

Dati generali del velivolo:

Lunghezza:	62 ft / 18.90 m
Altezza:	16.7 ft / 5.09 m
Apertura alare:	44.5 ft / 13.56 m
Superficie alare:	840 sq ft / 78.04 m ²
Distanza fra i timoni:	29 ft / 8.84 m
Peso a vuoto:	43,340 lb / 19,700 kg
Peso massimo al decollo:	83,500 lb / 38,000 kg
Peso combustibile imbarcato:	18,000 lb / 8,200 kg
Con serbatoi alari:	26,000 lb / 11,900 kg
Velocità max:	Mach 2,25 / 2410 km/h
Autonomia:	2960 m (con i due serbatoi alari)
Propulsori:	2 motori turbofan Pratt & Whitney F119-PW-100 da 160kN (35000 lb) di spinta, ciascuno con trazione vettoriale

L'F-22 è costruito dalla Lockheed Martin con la partnership della Boeing. È alimentato da due propulsori della Pratt & Whitney e costituito da altre sottoparti fornite da 1000 altre aziende sparse in 43 stati americani. Tutti questi pezzi vengono poi confluiti a Marietta in Georgia presso la sede della Lockheed.

Qui si costruisce la parte anteriore della fusoliera (compresi anche il cockpit e la sua avionica) e gli sportelli, si effettua il montaggio della coda e del carrello, delle sonde per il controllo ambientale e, la cosa più importante, il montaggio finale dell'intero velivolo. Inoltre, alla fine del montaggio, si provvede a testare il velivolo in una camera anecoica per la sua RCS dopo averlo dipinto con le vernici radar-assorbenti (RAM).



La Boeing, a Seattle, provvede alla costruzione delle ali e della fusoliera centrale dove verranno collocati i due motori, alla costruzione del generatore ausiliario di potenza e testa l'avionica di bordo.

I materiali compositi impiegati sull'F-22

Per la maggior parte, l'F-22 è costituito da leghe leggere e materiali compositi (soprattutto resine termoindurenti e termoplastiche). Le percentuali dei materiali impiegati sono: 13% di grafite termoplastica, 10% di plastiche termoindurenti, 16% di alluminio, 2% di leghe avanzate di alluminio, 39% di titanio, 6% di acciaio ed il resto in altri vari materiali.

I materiali compositi sono la combinazione di due o più materiali organici o inorganici, dove uno ha la funzione di matrice e l'altro ha la funzione di rinforzare il primo, entrambi seguendo un preciso schema di disposizione. La funzione della matrice è quella di legare il rinforzo e di trasmetterne le varie sollecitazioni. Invece la funzione del rinforzo è appunto quella di sopportare i carichi applicati alla struttura.

I compositi vengono prodotti in lamine, formate da fili fini opportunamente orientati e consolidati con alte temperature e pressioni. Ogni lamina consiste in vari strati molto resistenti e con bassa densità, dispersi in una matrice. Le fibre più comunemente utilizzate nei compositi sono il carbonio, il boro, il kevlar e le fibre di vetro, mentre la matrice può essere termoindurente (largamente impiegata in campo aeronautico) o termoplastica (largamente utilizzata in campo aerospaziale). La differenza fra le due è che la prima, una volta solidificata e presa la forma data, non può più essere modificata, mentre si può lavorare ancora la seconda dopo averla riscaldata.

Vediamo ora le varie parti che compongono questo velivolo, partendo dalla fusoliera ed arrivando fino al suo armamento.

Precisiamo che l'aereo viene costruito rimanendo sempre nella stessa posizione, mentre il personale e la strumentazione si muovono attorno a lui, fino a quando tutto il velivolo sarà pronto per andare alla verniciatura.

Fusoliera

Anche qui ritroviamo il concetto di bassa osservabilità ai radar e, per questo motivo, la costruzione della fusoliera impiega materiali e forme particolari che poi verranno ricoperti con delle vernici assorbenti. Essa è una struttura modulare e progettata per essere ispezionata al suo interno in modo semplice ed efficace. Troviamo nella parte anteriore due grandi vani che servono ad ospitare i sistemi dell'avionica e dove possono trovare posto ben 100 moduli avionici raffreddati a liquido e facilmente sostituibili in caso di rottura. La fusoliera dell'F-22 è un mix di materiali e contiene al suo interno una vasta gamma di sensori e di antenne con frequenze di ricezione di oltre 18 Ghz, le quali danno immediatamente la posizione e l'identificazione del velivolo nemico grazie alla loro alta tecnologia e all'uso del nuovo radar AN/APG-77. Tutti i vari bordi ed angoli sono allineati ai bordi d'entrata e di uscita delle ali in modo da diminuire la RCS.

Nella fusoliera troviamo anche tre vani per l'alloggiamento delle armi, due site sui fianchi e due site nel ventre del velivolo.

La parte anteriore della fusoliera è costituita da sub-strutture in alluminio e compositi per poter alloggiare il sistema radar e quello avionico, il cockpit, il vano carrello ed il serbatoio n°1 del velivolo.

La fusoliera anteriore è costituita da due sezioni, che vengono poi assemblate con due travi in materiale composito e dove si attaccano anche i longheroni delle ali e la struttura del cockpit: il tettuccio del cockpit è realizzato in policarbonato spesso meno di 2 cm ed è supportato da una struttura in alluminio imperniata su otto cerniere.

La fusoliera centrale è la parte più complessa e grande del velivolo, in quanto tutti i vari sistemi (idraulico, elettrico, sensori, carburante, ecc...) passano da lì. Vi troviamo quattro serbatoi e quattro vani per l'armamento, l'alloggiamento per il cannone da 20mm ed il sistema di potenza ausiliario.

Essa è costituita da tre parti che vengono assemblate durante il montaggio. La composizione della sua struttura è: alluminio per il 35%, materiali compositi per il 24% e titanio per il 35%.

La fusoliera posteriore è realizzata dalla Boeing e alloggia i due motori F119 della Pratt & Whitney,

come pure tutti i sottosistemi di controllo ambientale, idraulico, elettrico e carburante e deve resistere alle velocità supersoniche per lunghi periodi e manovre ad alto numero di g. Essa è collegata al resto della fusoliera attraverso due grandi travi in titanio elettro-saldate. La composizione della sua struttura è titanio per il 67%, alluminio per il 22% e compositi per l'11%. Inoltre, le paratie dei motori sono realizzate in nido d'ape di titanio, raffreddate a liquido ed il rivestimento è costituito da materiale composito di grafite-bismaleide.



Ali

Le ali dell'F-22 sono un blocco unico di grafite-bismaleide con dei longheroni principali realizzati in titanio, mentre longheroni secondari e radici alari sono realizzati in un mix di compositi e titanio. Le superfici mobili e le loro sottostrutture sono realizzate in materiale composito a nido d'ape e controllate da attuatori.

Superfici di coda

Le superfici verticali ed orizzontali dei piani di coda sono costituite da un blocco unico di materiale composito con al loro interno un nucleo a nido d'ape. Esse sono state progettate in modo tale da garantire manovre complicate e da non subire gravi danni in battaglia, isolando gli attuatori che muovono i timoni di un range di $\pm 30^\circ$, funzionando anche da aerofreni comandati e movimentati dal sistema digitale fly-by-wire.

Cockpit



Il cockpit dell'F-22 è stato progettato per ridurre al minimo il lavoro che il pilota deve svolgere durante il volo attraverso l'adozione di display LCD touch screen e multifunzioni, i quali riducono il peso, il volume e la potenza elettrica richiesta, aumentando le performance. Troviamo due schermi da 14cm x 14cm e tre schermi da 10cm x 14cm, tutti full-color a cristalli liquidi progettati dalla Lockheed. Nella foto sopra si può vedere il Pannello Controlli Integrati (ICP) posto sotto il cruscotto dove vengono visualizzate le informazioni per la comunicazione, la navigazione e l'autopilota. Troviamo inoltre altri sei pannelli LCD che presentano le informazioni primarie a colori e sono leggibili anche con la luce del sole diretta. A sinistra e a destra dell'ICP possiamo trovare due schermi da 7,5cm x 10cm che danno segnali di pericoli o avarie, anche 12 per volta e con un messaggio sia scritto che acustico che permette subito al pilota di comprendere dove si siano verificati i problemi. Il pannello primario multifunzione (PMFD), che misura 20cm x 20cm, è situato al centro del pannello degli strumenti, il quale mostra il velivolo dall'alto e tutte le possibili rotte di navigazione. I due pannelli posti a destra e a sinistra del PMFD, servono a visualizzare gli strumenti di volo in modo multimediale, mentre il pannello posto fra le ginocchia del pilota serve ad acquisire informazioni di attacco e di difesa del velivolo. Infine troviamo l'HUD, ossia uno speciale pannello di vetro posto di fronte alla faccia del pilota sopra il cruscotto, dove vengono visualizzate le informazioni basilari del velivolo senza che il pilota distolga lo sguardo mentre sta pilotando. Tutti questi sistemi di bordo funzionano grazie a delle piattaforme inerziali e comandi completamente digitali (TACAN, GPS, FCS, ecc...), dove l'uomo non deve fare praticamente nulla se non pilotare. Infatti, rispetto ai vecchi aerei, l'F-22 utilizza una cloche posta non più al centro ma sul fianco destro, dando al pilota una visuale più libera del pannello degli strumenti e permettendogli di tenere sempre le mani sulla manetta e sul joystick, limitando moltissimo il suo lavoro.

Inoltre, tutti le luci del cockpit sono compatibili per il volo notturno con gli NVG (Night Vision Goggles) e la loro intensità può essere modificata per diminuirne la visione da parte dei nemici.

Anche il seggiolino eiettabile è stato riprogettato e ammodernato per garantire al pilota maggiore sicurezza e comodità durante il volo. Anche l'equipaggiamento del pilota è stato completamente riprogettato in modo che egli sia sempre a suo agio durante ogni tipo di missione.

Strumentazione / Instrumentation

Aircraft instruments play an important role because they are used by the pilot to control the airplane during flight. We can divide them into four categories: flight instruments, system instruments, navigation instruments and communication instruments.

Flight instruments can be divided into: speed instruments, height instruments, attitude instruments and heading instruments. Speed and height instruments are connected in a pitot-static system, while attitude and heading instruments are based on gyroscopic systems.

The horizontal speed of an aircraft is measured by the airspeed indicator, which consists of a capsule that detects the difference between the static and the dynamic pressure in the pitot-tube.

The rate of change in altitude is measured by the vertical speed indicator, which indicates the speed of ascent or descent, generally in fpm (feet per minute). When the aircraft is in horizontal flight, it indicates zero fpm.

The height of the airplane with respect to a flight level is measured by the altimeter, which is made of an aneroid capsule connected to the static pressure system. If the airplane goes up, the pressure of the air decreases, conversely, if the airplane goes down, the pressure goes up.

The attitude of the aircraft around its longitudinal, horizontal and vertical axes, is shown by the artificial horizon. This instrument shows the position of the aircraft with respect to the surface of the earth. We find a horizontal white line which represents the aircraft and remains parallel to the surface of the earth, while the background represents the sky and the earth surface which can rotate.

When the aircraft turns around its horizontal and vertical axes, the turn-and-bank indicator shows the rate of turn with a white needle and a metal ball enclosed in a glass tube, which indicates the balance of the aircraft during the turn.

The heading of the airplane is shown by the directional gyro, which gives accurate information on the aircraft's direction. It is supported by the gyroscopic system.



Other secondary instrumentation is used to know the parameters of the engines and they measure speed, temperature, pressure and fuel.

As for speed, we find the rpm indicator, which gives the number of revolutions per minute of the engine. The temperature indicators are used to know the oil and engine gases temperatures. The

pressure instrumentation is used to measure the engine oil pressure. The fuel indicators are used to know the fuel quantity and consumption.

Other secondary instruments are used to know the external and internal temperature and humidity or to measure the current voltages of the airplane.

All these instruments are located in such positions that the pilot can read all the information quickly and accurately.

Avionica e sistemi di bordo

Il sistema di controllo del volo dell'F-22 è stato sviluppato dalla General Dynamics ed è totalmente fly-by-wire, ossia completamente controllato da sensori e sonde che analizzano e aggiornano continuamente i dati e i parametri di volo dell'aereo. Il tutto è gestito da un computer che riceve i vari impulsi elettrici che arrivano dai vari apparati installati sul caccia e li analizza 100 volte più velocemente rispetto ad un precedente computer installato su aerei più anziani. Quindi il pilota comanda in modo indiretto il velivolo, ossia da dei comandi meccanici od elettrici i quali inviano degli impulsi al computer che, dopo averli analizzati, fa eseguire ciò che il pilota ha voluto fare e verifica alla fine che sia stato svolto in maniera corretta.

Per quanto riguarda l'avionica di bordo, essa sfrutta le capacità di un ADS (Air Data System) ed è stata progettata in modo tale da poter essere controllata da un solo uomo e in modo molto semplificato, ossia in modo da dare un'immagine semplice e chiara della situazione in questione. Tutto questo è in grado di gestire automaticamente il sistema degli strumenti di volo, comunicazione e attacco e, in caso di errore, esso si auto-resetta automaticamente ritornando subito operativo. Inoltre, il sistema è costituito da due processori centrali integrati (CIP), i quali sfruttano la tecnologia a fibre ottiche ed un sistema di raffreddamento a liquido.

Alcune antenne sono integrate nella struttura del velivolo per risparmiare posto e peso e sono sparse su tutto il velivolo per avere una copertura totale dello spazio attorno al velivolo stesso. Una curiosità di questo nuovo sistema è quella di evitare scontri con altri velivoli alleati sia durante le fasi di volo sia in combattimento grazie a dei sensori ed antenne che registrano continuamente le posizioni dei gregari.

Radar

Il radar montato sull'F-22 è stato progettato dalla Northrop Grumman ed è uno tra i più sofisticati modelli di radar esistenti al mondo. L'AN/APG-77 è in grado di intercettare e di riconoscere più obiettivi contemporaneamente (può rintracciare un oggetto con una superficie di neanche un metro quadro alla distanza di 200 km), svolge la funzione di radar meteorologico e di radar per attacco sia al suolo che in aria. Può svolgere anche la funzione di provocare interferenze nei radar nemici, conferendo all'F-22 la possibilità di intraprendere una guerra elettronica e quindi di assumere le capacità di un caccia multiruolo allo stesso tempo.

Prima di arrivare alla versione finale montata sull'F-22A Raptor, ci furono ben 5 aggiornamenti del radar, nei quali vennero modificati alcuni parametri e particolari per giungere al risultato finale, che è stato sicuramente un risultato più che ottimo.

Carrello / Landing Gear



The F-22 landing gear is a tricycle type (used on most modern airplanes). It has three wheels: a nose wheel and two main wheels. The nose gear is located between the air intakes, is turned hydraulically during steering on the ground and is mechanically driven to be aligned during the retraction, which is forward. The two main wheels are located behind the two weapon bays, they retract outward, toward the wingtips, and they are driven by a hydraulic system. The gears are also provided with a carbon anti-skid disc brake. The door of the main gear is covered by a single piece, while the nose wheel is covered by two doors. This tricycle type permits to have a good grip on the ground and makes landings easier and safer. The arresting hook is located between the two Pratt & Whitney engine nacelles and the airbrakes utilize the rudders.

Sistema idraulico ed elettrico

L'F-22 è equipaggiato con due sistemi idraulici da 4000 psi ciascuno, alimentati da quattro pompe indipendenti che possono trasportare ben 275 litri al minuto. Il sistema idraulico è utilizzato per muovere le varie superfici di controllo sempre guidate e controllate dal fly-by-wire. Per quanto riguarda il sistema elettrico, esso usa un circuito a corrente continua da 270V, generato da due generatori da 65Kw ciascuno. Se il sistema dovesse per vari motivi fermarsi, troviamo un sistema ausiliario da 335Kw che manterrebbe ancora l'aereo in volo.

Armamento

L'armamento dell'F-22 è alloggiato tutto all'interno del velivolo per ragioni di stealthness. Troviamo quattro vani per le armi, due posizionate sui fianchi delle gondole motori e due nel ventre del velivolo, che vengono tutti chiusi grazie a delle pannellature mobili azionate idraulicamente. Nei primi due vani può trovare posto solo un missile per stiva aria-aria, generalmente un AIM-9M/X; prima del lancio, un sistema idraulico fa uscire il missile dal vano affinché lo si possa lanciare in totale sicurezza.

L'AIM-9M/X è un missile aria-aria a corto raggio (approssimativamente 16km) adoperato soprattutto per difesa personale in caso di scontro con altri velivoli nemici. È costruito dalla Raytheon, ha un sistema propulsivo a razzo con propellente solido e sfrutta le radiazioni IR per avvistare e colpire il bersaglio. Ha una carica esplosiva di 9,5kg, un peso complessivo di 87kg e una velocità di crociera di 2 Mach.

Nei vani ventrali, invece, possiamo trovare due tipi di configurazione. La prima è di sei missili

AIM-120C oppure di due AIM-120C e di due JDAM di varie dimensioni fino ad un massimo di 450kg.

Gli AIM-120C sono missili aria-aria e medio raggio (approssimativamente 50km) guidati con una traccia radar con la capacità di agganciare anche più bersagli contemporaneamente e di scegliere poi il più vicino o il più semplice da colpire. Anche questi missili sono fabbricati dalla Raytheon e sono propulsi da un razzo a doppio stadio con propellente solido. La carica esplosiva consiste in una carica a frammentazione diretta pesante 22kg con un peso totale dell'intero missile di 157kg e con una velocità di crociera di 4 Mach.

Le JDAM sono bombe da attacco al suolo guidate da una piattaforma inerziale a guida GPS, evitando così costi inutili in sensori che individuino o illuminino il bersaglio a terra e sfruttando invece un semplice calcolo balistico fatto dalla piattaforma inerziale supportando il sistema GPS del caccia.

Troviamo infine l'arma che su un caccia non deve mai mancare, ossia il cannone. Sull'F-22 troviamo un cannone M61A2 da 20mm con una capacità di 480 colpi. Il cannone è costruito dalla General Dynamics e deriva dal suo predecessore M61A1. Consiste in un cannone rotante a sei canne, posizionato sul lato destro del velivolo, più o meno sopra la presa d'aria del motore. È equipaggiato con una piccola paratia che si apre idraulicamente (sempre per garantire la stealthness) e il sistema di ricarica è completamente automatico arrivando a sparare ben 6600 colpi al minuto.

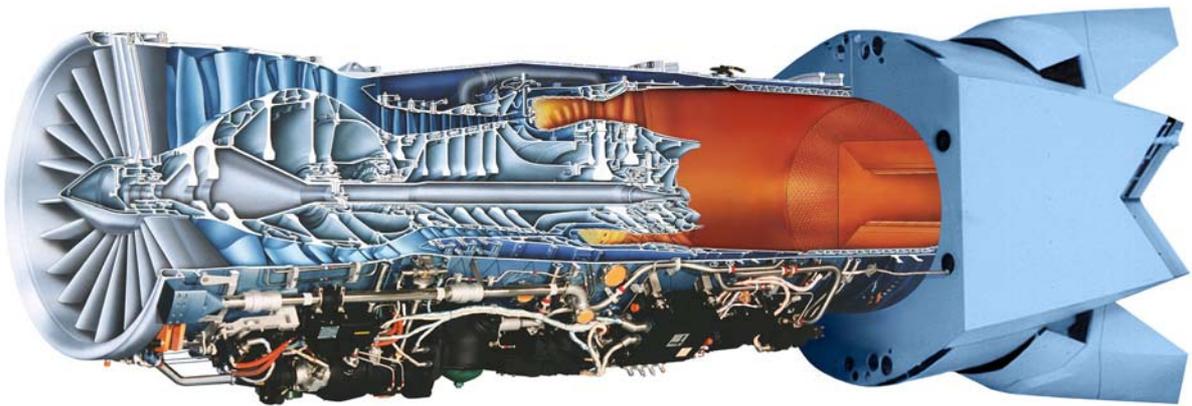
Per la difesa personale, si utilizzano flare, chaffs o disturbatori elettronici che non permettono ai missili nemici di colpire l'aereo.

Altri armamenti possono essere comunque installati sull'F-22, mettendo opportuni adattatori. Queste armi in più sono le BLU-109, gli AGM-88 HARM, le GBU-22 Paveway o le SDB (Small Diameter Bomb). Tutti questi tipi di armi sono facilmente installabili al suolo grazie ad un apposito veicolo e grazie agli attacchi che escono dai vani, facilitando notevolmente la loro installazione. Tuttavia si possono montare tranquillamente dei piloni alari sui quali è possibile installare dei serbatoi ausiliari e armamenti supplementari: questa soluzione, però, compromette notevolmente la stealthness del velivolo e quindi è adoperata solo per voli di trasferimento o per esercitazioni, ma, durante una fase di combattimento vero, è altamente sconsigliata.

Motore

Per il sistema propulsivo dell'F-22 furono visti due progetti. Il primo era quello della Pratt & Whitney per la produzione dell'F-119, l'altro quello della General Electric. Entrambi i motori sono equipaggiati con un sistema di auto avviamento e di auto verifica al suolo, dotati di grande trazione ed affidabilità.

Fra i due progetti, si scelse quello della Pratt & Whitney che risultava migliore rispetto a quello della General Electric. L'F-119 della P&W fu testato per ben 8650 cicli termici (equivalenti a ben 15 anni di servizio), durante i quali non furono riscontrate grandi anomalie o fallimenti. Finiti i test statici al suolo e quelli in volo, che diedero anch'essi ottimi risultati, si incominciò finalmente la sua produzione per un costo unitario di circa 10 milioni di dollari a motore.



I motori dell'F-22 sono due turbofan sovralimentati F-119-PW-100, controrotanti, con rotore doppio. Il primo rotore è quello che opera a bassa pressione ed è costituito da tre ventole a stadio singolo azionate da una turbina a bassa pressione. Il secondo rotore funziona ad alta pressione, dove troviamo sei ventole azionate da una solo turbina ad alta pressione. La parte terminale è costituita da un ugello con spinta vettoriale capace di arrivare a $+ o - 20^\circ$ di inclinazione per aumentare le prestazioni del velivolo. È costituito da due flap, comandati indipendentemente da un proprio sistema idraulico e governati dal sistema di controllo del volo.

Tutti i vari accessori del motore sono collocati nella parte inferiore dello stesso per avere una maggior facilità di manutenzione. Infatti, per sostituire un motore dell'F-22, i tecnici impiegano solo 90 minuti.

L'F-119 fa parte della classe dei motori aeronautici con spinte che si aggirano sui 16000kg/spinta, rispetto ai classici motori militari che viaggiano sugli 11000kg/spinta. Inoltre, la sua manutenzione è altamente ridotta grazie alla diminuzione dei pezzi impiegati e dei tempi necessari. Queste nuove tecnologie riguardano principalmente la palettatura ed i materiali impiegati.

Infatti, le palette del motore sono realizzate in pezzi unici vuoti al loro interno, il che aumenta le prestazioni e diminuisce le perdite d'aria, offrendo alta resistenza ed efficienza anche a temperature elevate, benché esse non siano ricoperte da materiali particolari che limitino i danni causati dalla temperatura.

Un'altra caratteristica che aumenta le prestazioni dell'F-22 è appunto la spinta vettoriale. Essa non aumenta solo l'angolo di attacco durante il decollo o il rateo di beccheggio delle manovre, ma aumenta anche il rateo di rollata del 50%, contribuendo anch'esso alla diminuzione della traccia radar. È costituito da materiali particolari che mantengono le loro caratteristiche anche in fase di postcombustione, controllati da sistemi elettronici indipendenti.

Come la maggior parte dei motori a turbina, esso funziona con il carburante JP-8 a base di

naftalene, che viene caricato in otto serbatoi (compresi anche i serbatoi alari) con una capacità complessiva di circa 2300 litri e con la possibilità di fare rifornimento anche in volo grazie a due porte a farfalla che si aprono al momento del rifornimento con l'ausilio, per il rifornimento notturno, di opportune luci posizionate dorsalmente nella parte centrale della fusoliera.



Curiosità

Come esposto nell'articolo di Maurizio Gunelli, “a sedersi in quel cockpit c'è da restare senza fiato, con la possibilità però di rimanere vittima di una fra le più pericolose trappole per un pilota di caccia: l'ipossia”. Infatti, anche sul caccia più sofisticato e tecnologico del globo, si sono riscontrate delle anomalie che preoccupano molto i 200 fortunati piloti di F-22. Il caso è stato sollevato quando due piloti, il Maggiore Jeremy Gordon e il Capitano Josh Wilson, si sono presentati alla trasmissione americana “60 Minutes” denunciando le insidie che ci sono sul caccia protetti da una legge federale che tutela coloro che denunciano irregolarità o illeciti nell'ambito lavorativo.

I sintomi riscontrati dai piloti sono vertigini, mal di testa, confusione, problemi respiratori, difficoltà di concentrazione e risvegli notturni, tutti accusati prevalentemente alla fine delle varie missioni addestrative o addirittura dopo essere atterrati. Un malanno di origine ignota. Tuttavia gli esperti hanno provato a trovare le cause di questi fenomeni, tra le quali la possibile presenza di una tossina generata dal sistema per la produzione di ossigeno prodotto dall'OBOGS (On Board Oxygen Generating System). La causa potrebbe quindi essere collegata al mal funzionamento dei filtri al carbonio attivo i quali sono stati analizzati e tolti, con l'accusa di diminuire il flusso di ossigeno al pilota.

Tuttavia, anche se all'interno della cabina sono stati aggiunti vari sensori per il controllo dei componenti chimici nell'aria, la “maledizione del Raptor” persiste, anche dopo aver chiesto la collaborazione della NASA e della US NAVY, che utilizzano anche loro il sistema OBOGS.

Successivamente all'ipotesi della poca quantità di ossigeno che arriva al pilota o alla contaminazione, si è passati ad esaminare l'equipaggiamento indossato dai piloti, ma nulla ancora è stato riscontrato. Intanto, per arginare il più possibile il problema, si è fatto ricorso a degli ossimetri che misurano la quantità di ossigeno presente nel pilota, la quale non deve scendere sotto l'85%. Infatti, una mancanza di ossigeno anche per pochi secondi potrebbe causare sintomi stranissimi che potrebbero compromettere la vita del pilota stesso, come accaduto al Capitano Jeff Haney, precipitato per cause ignote con il suo F-22 dopo la fine di una missione, schiantandosi al suolo a una velocità di 1.1 Mach e con un rateo di discesa di 18000 metri al minuto.

Dopo questo ed altri fatti, il ministro della difesa Panetta ha chiesto all'USAF di cercare di limitare il problema sull'F-22. Inoltre, tutte le varie missioni e voli addestrativi con questo velivolo si dovranno tenere a distanza di sicurezza da eventuali aeroporti militari in caso il pilota senta strani sintomi anomali. La maledizione continua.



Conclusioni

Concludendo, si può dire che sono state trattate tutte le caratteristiche principali dell'F-22A Raptor, analizzando l'aereo dalla sua nascita fino ai giorni nostri, elencando e descrivendo le varie parti che lo compongono, nonché i vari materiali e tecnologie impiegati nella sua realizzazione, di cui qualcosa rimane ancora top secret.



Bibliografia

- Per il materiale testologico: Jay Miller, "Lockheed Martin F/A-22 Raptor", Aerofax Edition
- Per il materiale fotografico: www.lockheedmartin.com