بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیر کبیر

دانشکده هوا فضا

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی هوا فضا-گرایش آیرودینامیک

بررسی اثر صدمه بر روی بال نامحدود به روش عددی

نگارش:

سروش سلیمی

استاد راهنما:

دکتر محمود مانی

شهریور ۸۶

بسمه تعالی

شماره:

تاریخ :۸۶/۱۲/۱۲

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

۱-مشخصات دانشجو :

نام و نام خانوادگی: سروش سلیمی **دانشجوی آزاد** ☐ **بورسیه** ☐ **معادل** ☐

شماره دانشجویی : ۸۳۱۲۹۱۰۱ دانشکده : هوا فضا رشته تحصیلی : هوا فضا-آیرودینامیک

نام و نام خانوادگی استاد راهنما : دکتر محمود مانی

عنوان به فارسی : بررسی اثر صدمه بر روی بال نامحدود به روش عددی

Title: Examination of dynamic on unlimited airfoil as numerical method

نوع پروژه: کاربردی ☐ بینیادی ☐ توسعه ای ☐ نظری ☐

تاریخ شروع : ۱۳۸۵ تاریخ خاتمه : ۱۳۸۶ تعداد واحد : ۴۰

سازمان تأمین کننده اعتبار :

واژه های کلید به فارسی : درگ-لیفت-بال-صدمه-عددی

واژه های کلیدی به انگلیسی :Lift-Momentum- Damaging-Airfoil-Fluent-Drag-

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه :

استاد راهنما :

دانشجو : هیچ نظری ندارم

امضاء استاد راهنما : تاریخ :

نسخه ۱ : معاونت پژوهشی
نسخه ۲ : کتابخانه و به انضام دو جلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

تقدیم به پدر و مادر عزیز و همسر مهربانم که در اتمام این پایان نامه صبوری و کمک بسیاری بـه خرج داد.

با تشکر و قدردانی از زحمات و راهنماییهای

جناب آقای دکتر محمود مانی و

جناب آقای دکتر محمد حسین کریمیان

چکیده

یکی از مسائلی که در صنعت هوافضا و علی الخصوص آیرودینامیک مطرح بوده و هست، بحث صدمه بر روی قسمتهای مختلف هواپیماست. آنچه تا به امروز از طرف دانشمندان و محققان در این زمینه ارائه شده است هرچند کافی نبوده،اما ما را بر آن می دارد که در این زمینه سعی و تلاش جدیدی را انجام داده تا بتوانیم بررسی دقیق تر و نتیجه گیری بهتری از این موضوع داشته باشیم.

هرچند که وارد شدن به دنیای هواپیما که خود شامل دسته های گوناگونی است بسیار گسترده و خارج از بحث یک پروژه و پایان نامه می باشد اما سعی شده است تا در یک زمینه خاص به بررسی این مشکل و راهکارهای آن بپردازیم، زیرا توجه به این مسأله بخصوص در هواپیماهای جنگی بسیار می تواند از خطرات ناشی از سقوط یا منهدم شدن آنها بکاهد.

به همین منظور در این پروژه به کمک نرم افزار عددی Fluent به بررسی اثرات صدمه بر روی یک بال نامحدود اعم از اثرات لیفت و درگ و ممنتم و تغییرات سرعت و فشار پرداخته شده است.

که یک نرم افزار عددی Fluentضمناً لازم به توضیح است که همان طور که می دانیم نرم افزار است بر اساس سعی و خطا و تکرار یک سری نتایج را به ما ارائه می دهد و هرچند خود این نتایج زیاد نمی تواند دقیق باشد اما سعی شده است که تمام شرایط مطلوب در نظر گرفته شود تا خطا به حداقل ممکن برسد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: تاریخچه صدمه و مقدمه ای بر کاربرد CFD

۱-۱ انواع صدمه ۲

۱-۲ تاریخچه ۳

۱-۳ تجسم جریان ٤

۱-٤ اهمیت انتقال حرارت و جریان سیال ۷

۱-۵ متدهای پیشگویی ۸

۱-۵-۱ امتیازات یک محاسبه تئوری ۸

۱-۵-۲ نارسائیهای محاسبه تئوری ۱۰

۱-٦ CFD چیست؟ ۱۱

۱-۷ یک برنامه CFDچگونه کار میکند؟ ۱۲

۱-۸ توانایی های نرم افزار FLUENT ۱٤

فصل دوم: معادلات حاکم بر میدان جریان

۲-۱ مقدمه ۱۷

عنوان | صفحه

۲-۲ معادلات بقاء ۱۸

۲-۳ روشهای مدلسازی آماری ۱۸

۲-۳-۱ متوسط گیری تجمعی ۱۹
۲-۳-۲ متوسط گیری زمانی ۱۹
۲-۳-۳ مقایسه متوسط گیری تجمعی در مقابل متوسط گیری زمانی ۱۹

۲-٤ به دست آوردن معادلات متوسط زمانی ۲۰

۲-۵ میدان سرعت متوسط برای جریان تراکم ناپذیر ۲۲

۲-٦ معادلهٔ انتقال تنش های رینولدز ۲۲
۲-٦-۱ مدل کردن جملهٔ نفوذ اغتشاش ۲۳
۲-٦-۲ مدل کردن جملهٔ کرنش – فشار ۲٤
۲-٦-۳ اثر شناوری بر اغتشاش جریان ۲۵
۲-٦-٤ مدل کردن انرژی جنبشی اغتشاش ۲۵
۲-٦-۵ مدل کردن نرخ استهلاک ۲٦
۲-٦-٦ مدل کردن لزجت اغتشاش ۲۷
۲-٦-۷ شرایط مرزی برای تنش های رینولدز ۲۷

۲-۷ معادلات جریان نزدیک دیوار ۲۸
۲-۷-۱ توابع دیوار استاندارد ۲۹
۲-۷-۲ توابع دیوارغیر تعادل ۳۱
۲-۷-۳ روش افزوده دربرخورد باجریان نزدیک دیوار ۳۲

عنوان | صفحه

۲-۸ شبیه سازی مؤلفه های نوسانی سرعت ۳۵

فصل سوم :چگونگی تولیدشبکه واجرای آن در FLUENT

۳-۱ نحوهٔ تولید شبکه در حالت صدمه دیده ۳۸
۳-۱-۱ ناحیهٔ حل ۳۸
۳-۱-۲ تولید شبکه ۳۹
۳-۱-۳ شرایط مرزی ٤۳
۳-۱-٤ پیوست ٤٤

۳-۲ نحوهٔ تولید شبکه در حالت بدون صدمه ٤٥
۳-۲-۱ ناحیهٔ حل ٤٥
۳-۲-۲ تولید شبکه ٤٦
۳-۲-۳ شرایط مرزی ٤۷
۳-۲-٤ پیوست ٤۹

۳-۳ آشنایی کلی با نرم افزار FLUENT و قابلیت های آن ٥۰

۳-٤ مقدمه ٥۰

۳-٥ ساختاربرنامه ٥۱

۳-٦ قابلیتهای برنامه ٥۳

۳-۷ دید کلی با نرم افزار FLUENT ٥٤

عنوان | صفحه

۳-۷-۱ مراحلی که باید دریک آنالیز دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) موردبررسی قرارگیرد..... ۵۵

۳-۷-۲ مراحل حل مسئله ۵۶

۳-۸ اجرا کردن نرم افزار FLUENT..... ۵۷

۳-۸-۱ محاسبه گر یک دقته ومحاسبه گر دودقته..... ۵۷

۳-۸-۲ اجرای نرم افزار FLUENT درسیستم عامل ویندوز..... ۵۸

۳-۹ انتخاب شیوهٔ محاسباتی و فرمول بندی حل ۵۸

۳-۱۰ نحوهٔاجرای برنامه در نرم افزار FLUENT..... ۵۹

فصل چهارم : بررسی نتایج و مقایسه آن بانتایج تجربی

٤-۱ حالت بدون صدمه ۷۲

٤-۱-۱ حالت بدون صدمه درزاویه حمله صفر درجه..... ۷۲

٤-۱-۲ حالت بدون صدمه درزاویه حمله دو درجه..... ۷۷

٤-۱-۳ حالت بدون صدمه درزاویه حمله چهار درجه ۷۹

٤-۱-٤ حالت بدون صدمه درزاویه حمله شش درجه ۸۱

٤-۱-۵ حالت بدون صدمه درزاویه حمله هشت درجه ۸۳

٤-۱-٦ حالت بدون صدمه درزاویه حمله ده درجه ۸٤

٤-۲ بحث ونتیجه گیری ۸۷

٤-۳ مقایسه نتایج عددی وتجربی ۸۷

عنوان | صفحه

٤-٤ حالت صدمه دیده ٨٩

٤-٤-١ حالت صدمه دیده در زاویه حمله صفر درجه ٨٩

٤-٤-٢ حالت صدمه دیده در زاویه حمله دو درجه ٩٣

٤-٤-٣ حالت صدمه دیده در زاویه حمله چهار درجه ٩٧

٤-٤-٤ حالت صدمه دیده در زاویه حمله شش درجه ١٠١

٤-٤-٥ حالت صدمه دیده در زاویه حمله هشت درجه ١٠٤

٤-٤-٦ حالت صدمه دیده در زاویه حمله ده درجه ١٠٧

٤-٥ مقایسهٔنتایج عددی وتجربی ١١٠

٤-٦ مقایسه افزایش ضریب درگ ولیفت تجربی وعددی ١١١

٤-٧ بحث ونتیجه گیری ١١٣

فهرست منابع ١١٤

مقدمه

قبل از اینکه به صورت ریز به بررسی اثرات صدمه بر روی بال بپردازیم بهتر است که با شرایط مسأله و نوع بال مورد بررسی کمی آشنا شویم. بالی که مورد بررسی قرار گرفته از سریهای ایرفویل NACA با شماره ٤١٢-٦٤ می باشد که البته یک بال مشخص و شناخته شده نیست و با جستجو در اینترنت نقاط مورد نیاز برای رسم آن به دست آمد.نوع صدمه ای که بر روی این بال ایجاد شده است از نوع ستاره ای (Star) بوده که بعداً نحوهٔ ایجاد آن را توضیح خواهیم داد.

اما آنچه مورد بررسی قرار گرفته است اندازه گیری نیروهای لیفت و دراگ و ممان و تجسم جریان بوده است و همچنین مقایسه آن با حالتی که بال بدون صدمه بوده است (Undamaged) تا بتوان درک بهتری از نتایج به دست آمده داشت.اما آنچه که باعث ایجاد این پروژه و تلاش در جهت کار روی آن شده است، بودن نتایج تجربی این آزمایش می باشد که توسط استاد راهنمای پروژه بر روی همین بال با مشخصات ذکر شده در تونل باد انجام شده است.

البته لازم به ذکر است که نتایج انواع دیگری از صدمات نیز موجود بوده که به علت گستردگی و زمان زیادی که هر کدام از این صدمه ها می برد به بررسی یکی از آنها پرداخته شده است.اما به

طور کلی هنگامی که این مدل با یک مدل بدون صدمه مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که افزایش زاویهٔ حمله مدل صدمه دیده منجر به افزایش افت ضریب لیفت، افزایش ضریب دراگ و ضریب گشتاور پیچشی منفی تری شود، اما تجربه نشان داده که برای تمام حالات صدمه جریانها می توانند به صورت سه دسته یا سه شکل :

ـ جت های ضعیف

ـ انتقالی

ـ قوی

دسته بندی شوند. تنها در مورد صدمهٔ ستاره ای شکل محدودیت بر روی خواص مشاهده شدهٔ جریان ایجاد می شود که البته به بررسی آن خواهیم پرداخت.

فصل اول

تاریخچه صدمه و مقدمه ای بر کاربرد CFD

۱-۱ انواع صدمه

اصلی ترین مکانیزم هایی که باعث ایجاد صدمه در یک هواپیما هستند، موشک ها و گلوله‌های پرتاب شده می باشند. شکل صدمه بستگی به مکانیزمی دارد که توسط آن صدمه ایجاد شده است و همچنین ماده ای که بدنه از آن ساخته شده است. برای بسیاری از اشکال صدمه، شکل حاصل شامل یک مرکز دایره ای به همراه ترکهایی است که به شکل شعاع از آن منشعب شده‌اند.

اگر بدنه فلزی باشد، صدمه همراه با خمش بیشتر خواهد بود که در آن قسمت، فلز خم می‌شود. اما در مواد کامپوزیت صدمه همراه با ورقه و ورقه ای شدن خواهد بود که در صفحه ماده سوراخ شده قرار می گیرد. موشکهایی که به بدنه برخورد می کنند از بدنه گذشته، یک سوراخ نسبتاً کوچک در ورودی ایجاد کرده و به دنبال آن پس از انفجار یک شکل بزرگتر در خروجی ایجاد می کنند. در هر صورت از آنجایی که بالهای هواپیما نازک هستند می توان یک شکل ثابت برای آنها در نظر گرفت.

۱-۲ تاریخچه

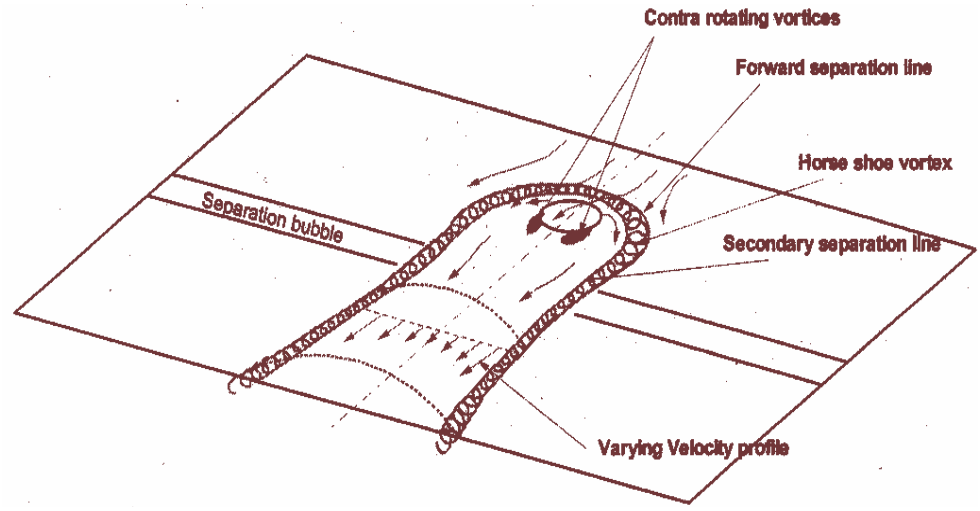
آنچه مسلم است،مطالعات اندکی در زمینهٔ آیرودینامیک بالهایی با صدمه سرجنگی در سالهای گذشته در نشریات به چاپ رسیده است. هایس[1] اثرات صدمه بر هواپیمایی با بال کج را در سال ۱۹٦۸ بررسی نمود. همچنین اثرات بی قاعدگی در مونتاژ توسط بلچز[2] مورد بررسی قرار گرفت. بتزینا[3] و براون[4] نیز خواص آیرودینامیک هواپیما A-4B را پس از شبیه سازی در سال ۱۹۷٦ مشخص نمودند. لیشمن[5] و دیگران نیز اثر صدمه بالستیک بر آیرودینامیک ایرفویل پروانه ای یک هلی کوپتر را مورد مطالعه قرار دادند.

همچنین ایروین اثرات آیرودینامیک و ساختار جریان را در اشکال متفاوتی از صدمه دایره ای مورد مطالعه قرار داده است.این اشکال دایره ای در چهار موقعیت متفاوت از وتر قرار گرفته بودند. نتایج حاصل از آنهایی که در وسط وتر واقع شده بودند در مرجع ۱۱ آورده شده است. همچنین ایروین مشخص نمود که جریان داخل صدمه از دو نوع می باشد و به اندازهٔ صدمه و زاویهٔ حمله بستگی دارد. این جریانها که از تحقیقات انجام شده بر روی جریان جت های جانبی گرفته شده اند جتهای قوی و ضعیف نامیده شدند.

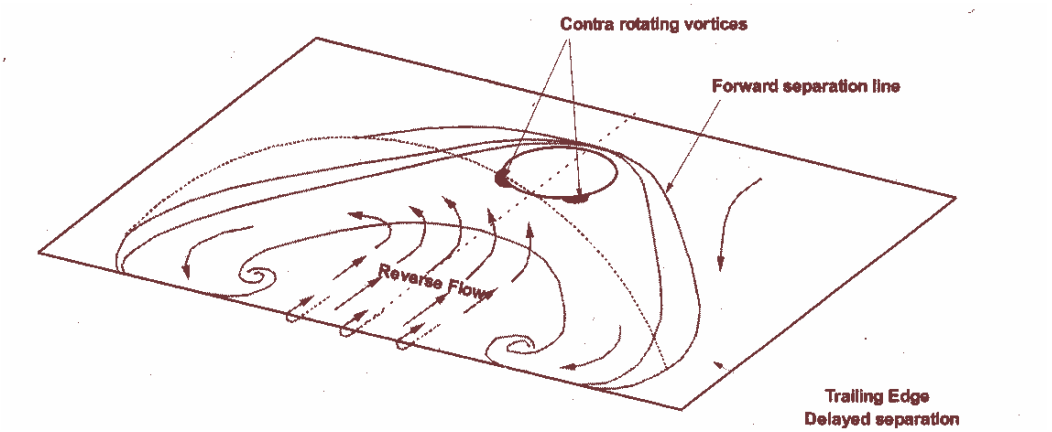
1-Hayes
2-Blechs
3-Betzina
4-Brown
5-Leishman

۱-۳ تجسم جریان

ـ شکل ۱-۳-۱ تصویری از خواص جریان جت ضعیف بوده و شکل ۱-۳-۲ نیز حالت جت قوی را به تصویر می‌کشد. هر دو تصویر به همراه توصیفاتی که در ادانه می‌آید از مرجع ۱۱ آورده شده است.



شکل(۱-۳-۱) جریان جت ضعیف



شکل (۱-۳-۲) جریان جت قوی

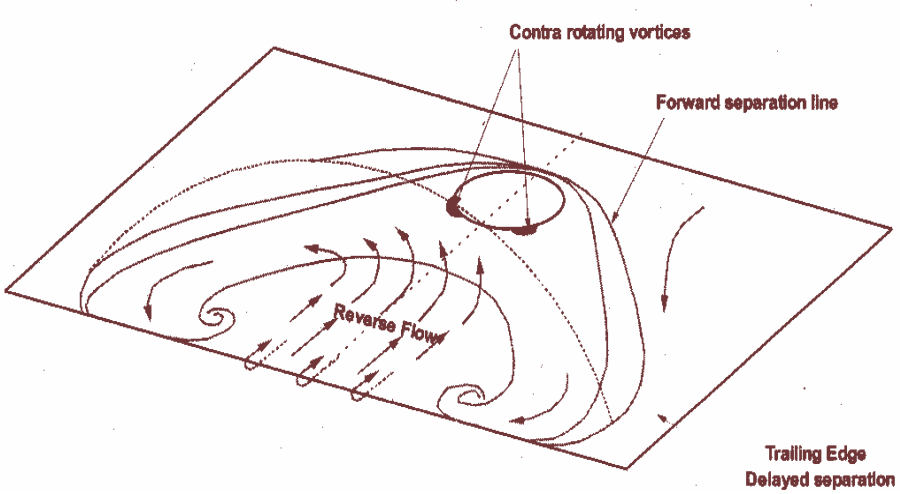
در نقطه‌ای که جریان سطح با جت برخورد می کند گرادیان فشار معکوس ایجاد می‌شود که به عنوان خط جدایش اولیه،موجب جدایش در بالای سوراخ صدمه می‌گردد. بین این خط و قسمت جلوی سوراخ صدمه یک ورتکس وجود دارد که مابین خط جدایش اولیه و ثانویه ایجاد شده است.

مشاهده شده است که این ورتکس پیچیده شده به طوری که به شکل یک حلقه نعل اسبی در می‌آید. یک منطقه جریان معکوس نیز وجود دارد که در آن جریان ایجاده شده به واسطه صدمه، از

سوراخ صدمه به سمت جلو فشار وارد می آورد. جریان در این منطقه جریان هـای عقبـی را نیـز بـه دنبال می کشد و آنها را به دنباله صدمه اضافه می کند.

در قسمت پشتی سوراخ صدمه دو مرکز ورتکس وجود دارند که از نوع غیر چرخشی می‌باشـند. موقعیت دقیق مراکز ورتکس به واسطه قدرت جت تغییر می کند. این مراکز با افزایش زاویه حمله در حوالی لبه صدمه به سمت جلو حرکت می کنند ولی در حوالی خط مرکزی سوراخ به شـکل متقـارن باقی می مانند.در حوالی جریان پایین دست سوراخ، دنباله صـدمه بـه سـطح متـصل شـده و از میـان حباب جدایش آرام می گذرد. جریان در ادامه در یک مسیر جریان آزاد حرکـت مـی کنـد و بـه نظـر می‌رسد یک گرادیان سرعت سطحی در ادامه از خط مرکزی به بیرون وجود داشته باشد. این موضوع باعث می‌شود که لبه های چشمه سرعت بالاتری نسبت به مرکز داشته باشد.

از طریق مشاهدات به دست آمده به واسطهٔ تجسم جریـان روغـن سـطحی و دود مـشاهده شـده است که خواص اصلی جت ضعیف به این صورت می باشد که جریان از لبـه پـشتی سـوراخ بیـرون آمده و بلافاصله خم می‌شود و یک شیار و دنباله را ایجاد می کند که به سطح بالایی متصل می باشـد. با افزایش زاویهٔ حمله جت دیگر در خروجی سوراخ بلافاصله خم نمی شـود در عـوض در سـطحی بالاتر در جریان نفوذ میکند.این نفوذ افزایش یافته به داخل جریان آزاد،منجر به جدایش جت از سطح شده و یک منطقهٔ جداگانه را ایجاد می کند. این منطقه مابین جت و سطح بالایی بـال قـرار داشـته و درست از پشت صدمه به سمت لبه فرار گسترش می یابد. در این منطقه جریان به شدت سـه بعـدی بوده و مقدار زیادی جریان معکوس در آن وجود دارد. این نوع جریان جت قوی نامیده می‌شـود کـه خواص آن در شکل ۱-۳-۲ به تصویر کشیده شده است.



شکل(۱-۲-۲)

شکل اصلی جریان سطحی به شرحی است که در ادامه می آید. هـر دو خطـوط جـدایش اولیـه و ثانویه مجدداً در جریان بالا دست دیده شده انـد. اگرچـه جریـان سـطحی بالادسـت صـدمه از نـوع مغشوش می باشد، با این حال خطوط جدایش در مقایسه با آنهـایی کـه در جتهـای ضـعیف وجـود داشتند تغییر کمی در موقعیت نشان می دهند. در صورتیکه در امتداد وتر حرکـت کنـیم اثـر خطـوط جدایش و ورتکس مرتبط، با نسبتی بزرگتر نسبت به آنچه در مورد جتهای ضعیف مشاهده شـده، بـه داخل شکل نعل اسبی منحرف می‌شود. افزایش قابل توجه در اندازهٔ دنباله صدمه، میزان بزرگی منطقه جریان معکوس جت قوی جدا شده را نشان می دهد.

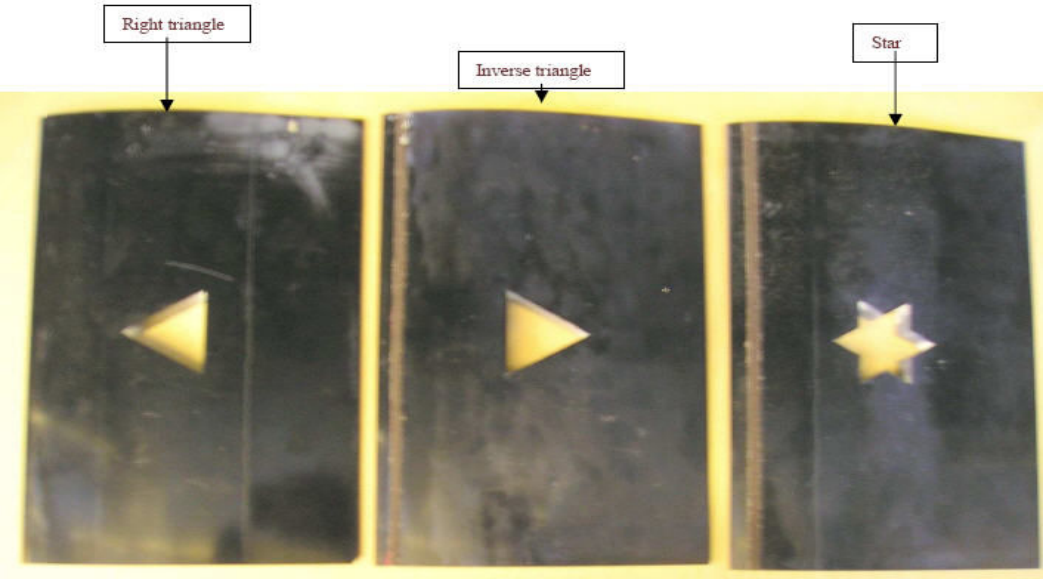
مجدداً دو ورتکس غیر چرخشی در لبه صدمه وجود داشته اند. ایـن ورتکـس هـا در حـوالی لبـه صدمه از موقعیت های جت ضعیف قبلی به سمت جلو حرکت کرده اند. خط جدا کننده بین دنباله و جریان سطحی بال تخریب نشده به دو ورتکس بزرگ غیر چرخشی ختم می‌شود که در نزدیکـی لبـه فرار واقع شده اند. به نظر می رسد که دنباله صدمه، جریان را از جریان احاطه کننده سـطح بـالایی و حوالی لبه فرار از سطح پایینی بال به دنبال خود کشیده است.

به نظر می رسد که کشیده شدن جریان سطح بالایی تخریب نشده به داخل صدمه باعث به تأخیر انداختن آغاز جدایش لبه فرار به هر طرف دنباله می‌شود.این نوع از جدایش لبه فرار قبلاً به روی بال صدمه ندیده، دیده شده است. مطالعات صورت گرفته بر روی جریان جتهای جانبی نشان داده اسـت که جتهایی که سوراخهایی با اندازه متفاوت دارند خصوصیات متفاوتی از جریان را نسبت به سـوراخ های دایروی ایجاد می کنند. از این رو می توان کار ایروین را مورد انتقاد قرار داد. چرا که او بیشتر از سوراخهای دایروی به جای اشکال صدمه واقعی بال با لبه های غیر عادی استفاده کرده است.

اینکه آیا نتایج بدست آمده توسط ایروین به عنوان تقریب معقولی برای یک صدمه واقعی از نـوع سر جنگی قابل استفاده می باشند یا نه،ناشناخته است.به هر حال صدمه واقعی سر جنگی ذاتا از نـوع رندوم می باشد .از آنجایی که این صدمه بستگی به عواملی از قبیـل زاویـه فـشردگی نـسبی،سرعت نسبی،موقعیت فشردگی بر روی بال و بدنه و غیره دارد،چنـین خاصـیت تـصادفی بـه درد تحقیقـات سیستماتیک بر روی اثرات صدمه سر جنگی نمی خـورد.جهـت غلبـه بـر ایـن خاصـیت تـصادفی و همچنین ایجاد امکان یک مطالعه سیستماتیک در مورد اثر گوشه هـای تیـز ،تـصمیم گرفتـه شـد کـه روشی گام به گام با استفاده اشکال مثلثی به کارگرفته شود.

در ابتدا صدمه بوسیله شکل مثلثی متساوی الاضلاع مورد بررسی قرار گرفته است.مرکز این منطقه در وسط وتر قرار گرفته و نوک آن در نزدیکی لبه حمله ایرفویل واقع می باشد. این نوع شـکل،مثلث مستقیم نامیده شده است.در مرحله دوم همان شکل مثلثی برای صدمه بکار برده شـده ولـی ایـن بـار قاعده آن نسبت به نوکش نزدیکتر به لبه حمله قرار دارد.این نوع شکل صدمه، مثلث معکوس نامیده

شده است.در نهایت این دو مثلث با هم ترکیب شدند تا یک شکل ستاره ای حاصل شود که بیشترین تقریب را به شکل واقعی صدمه سرجنگی داشته باشد. شکل ۱-۳-۳ سه مدل از این اشکال صدمه را در تونل باد نشان می دهد.



شکل(۱-۳-۳)

۱ – ٤ اهمیت انتقال حرارت و جریان سیال

اهمیت نقش این فرایندها همواره در زندگی ما و بسیاری از کاربردهای عملی مشاهده می‌شود. تقریباً تمام روشهای تولید توان شامل جریان سیال و انتقال حرارت به عنوان فرآیندهای اصلی می‌باشند. همچنین فرآیندها در گرمایش و تهویه مطبوع ساختمانها نقش اساسی دارند، در بخشهای مهمی از صنایع شیمیایی و متالورژی شامل قسمتهایی همچون کوره ها، مبدلهای حرارتی، کندانسورها و راکتورهای فرآیندهای ترموفلوید به کار گرفته می‌شوند. اساس کار هواپیماها و راکتها مدیون جریان سیال، انتقال حرارت و فعل و انفعال شیمیایی می باشد. در طراحی ماشینهای الکتریکی و مدارهای الکترونیکی، اغلب انتقال حرارت عامل محدود کننده می‌باشد. آلودگی محیط زیست اکثراً ناشی از انتقال حرارت و جرم می باشد، همچنین این عوامل در ایجاد طوفانها، سیلابها و آتش سوزی ها نقش دارند. در مقابل تغییر شرایط جوی، بدن انسان به وسیله انتقال حرارت و جرم درجه حرارتش را کنترل می نماید. به نظر می رسد فرآیندهای انتقال حرارت و جریان سیال به تمام جنبه های زندگی ما سرایت کرده است.