به نام خدا

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک

گرایش طراحی کاربردی

عنوان:

تحلیل رشد ترک در پره‌های ثابت ردیف اول توربین گازی

استاد راهنما:

دکتر شاپور مرادی

استاد مشاور:

دکتر محمد شیشه ساز

نگارنده:

افشین تارمیغ

بهمن ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد)

پایان نامه آقای افشین تارمیغ **دانشجوی رشته:** مکانیک **گرایش:** طراحی کاربردی

دانشکده مهندسی **به شماره دانشجویی** ۹۰۴۰۱۰۳

با عنوان :

تحلیل رشد ترک در پره‌های ثابت ردیف اول توربین گازی

جهت اخذ مدرک : کارشناسی ارشد **در تاریخ :** ۹۲/۱۱/۳۰ **توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه تصویب گردید.**

	رتبه علمی	**امضاء**
۱. اعضای هیأت داوران :		
استاد راهنما : دکتر شاپور مرادی	دانشیار	
استاد مشاور : دکتر محمد شیشه ساز	استاد	
استاد داور : دکتر خسرو نادران طحان	دانشیار	
استاد داور : دکتر سید علیرضا سید رکنی زاده	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر مهدی خراسانیان	استادیار	
۲. مدیر گروه : دکتر علی حاج نائب	استادیار	
۳. معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر علی حقیقی	استادیار	
۴. مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکتر مسعود قربان پور نجف آبادی	استاد	

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او را نداانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجلّ از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ":

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر شاپور مرادی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ لگی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای دکتر محمد شیشه ساز که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛

باشد که این خرد ترین، بخشی از زحمات آن ها را سپاس گوید.

تقدیم به پدر، مادر و همسر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه

درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آن ها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان

در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم

چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن

را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

همسر عزیزم که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

استادانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان....

فهرست مطالب

فرم ارزشیابی ..... أ
قدردانی ..... ب
فهرست مطالب ..... ث
فهرست شکل‌ها ..... خ
فهرست جداول ..... ر
فهرست علامت‌ها ..... ز
چکیده ..... ص

فصل اول
مقدمه و طرح مسئله ۱
۱-۱ بیان مسئله، اهمیت و ضرورت ۲

فصل دوم
مروری بر پژوهش‌های پیشین ۷
۲-۱ خزش Creep ۸
۲-۲ خستگی (Fatigue) ۱۳

فصل سوم
مبانی نظری پژوهش ۱۶
۳-۱ مبانی روش المان محدود توسعه یافته ۱۷
۳-۱-۱ مدل کردن ترک دو بعدی به روش المان محدود توسعه یافته ۱۸
۳-۱-۲ روابط حاکم بر غنی‌سازی گره‌ها ۲۰
۳-۱-۳ استخراج رابطهٔ سختی برای انواع المان ۲۲
۳-۲ خزش ۲۶
۳-۲-۱ مدل‌های سخت‌شوندگی زمانی و سخت‌شوندگی کرنشی ۲۶
۳-۳ خستگی ۲۸

۳-۳-۱ روش‌های تعیین عمرخستگی ۳۰
۳-٤ روند محاسباتی تحلیل ترک پره توربین گازی ۳۱
۳-٤-۱ بدست آوردن عمر جوانه زنی ترک ۳۳
۳-٤-۲ تعیین عمر رشد ترک ۳۷
۳-٤-۳ بدست آوردن زمان معادل یک سیکل کاری توربین گازی.. ..... ۳۹

فصل چهارم

مدل‌سازی هندسی، تولید شبکه و حل مسئله ٤۳

٤-۱ معرفی ابرآلیاژ FSX-٤١٤ ..... ٤۳
٤-۲ مدلسازی هندسی ۵۳
٤-۲-۱ اسکنرهای سه بعدی ۵۳
٤-۲-۲ ابر نقاط ۵٤
٤-۲-۳ تبدیل ابر نقاط به مدل... ..... ۵۵
٤-۳ شبکه‌بندی مدل هندسی ۵۹
٤-٤ اعمال شروط مرزی و بارگذاری ٦۱
٤-۵ حل مسئله ٦٤
٤-۵-۱ تحلیل سازه بدون در نظر گرفتن تاثیرات خزش..... ..... ٦٤
٤-۵-۲ تحلیل سازه ای با در نظر گرفتن تاثیرات خزش..... ٦٤

فصل پنجم

نتایج..... ٦٦

۵-۱ نتایج شبیه‌سازی مسئله در شرایط کارکرد عادی..... ..... ٦٦
۵-۱-۱ نتایج تحلیل سازه‌ای بدون تأثیرات خزش..... ..... ٦٦
۵-۱-۲ مقایسه میدان تنش و جا به جایی در دو حالت شرایط مرزی گیردار و آزاد..... ٦۸
۵-۱-۳ نتایج تحلیل خزشی... ..... ۷۱
۵-۱-٤ تحلیل ترک ۷۹
۵-۲ نتایج شبیه‌سازی در حالت گرفتگی مجاری هوای خنک کن ۸۸
۵-۲-۱ تحلیل خزشی در حالت گرفتگی مجاری هوای خنک کن ۸۹
۵-۲-۲ تخمین عمر پره در حالت گرفتگی مجاری هوای خنک کن..... ۹۵

فصل ششم

نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها **۹۷**

٦-۱ ارائه راهکار برای افزایش عمر پره‌ها ۹۹

فهرست مراجع **۱۰۰**

پیوست

برنامه اجزاء محدود **۱۰٤**

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: آثار چاک خوردگی و پارگی در نازل ها ۳
شکل ۱-۲: نمای از یک نیم حلقه نازل، الف) نازل کارکرده که خرابی زودرس در آن‌ها مشاهده‌شده..... ٤
شکل ۱-۳: معرفی قسمت های مختلف یک نازل ٤
شکل ۱-٤: گرفتگی سوراخ‌های خنک کن در نازل‌های ردیف اول توربین گازی نیروگاه آبادان ٥
شکل ۳-۱: نمایش گره‌هایی که نیاز به غنی‌سازی جهت افزایش درجات آزادی دارند ۲۰
شکل ۳-۲: تقسیم سطح مجموعهٔ المانی مربوط به گره I ام به دو سطح نسبت به موقعیت ترک..... ۲۲
شکل ۳-۳: نمونه ای از یک نمودار تنش – عمر ۳۱
شکل ۳-٤: منحنی حلقه پسماند..... ۳٤
شکل ۳-٥: منحنی کافین – منسون ۳٦
شکل ۳-٦: تعیین بازه‌های بازرسی را برای توربین‌های مدل GE-۹ [۲۳]..... ٤۲
شکل ٤-۱: منحنی خزش HS-۲۱ [۳٤]..... ٤۸
شکل ٤-۲: نمودار پارامتر لارسن–میلر مربوط به سوپرآلیاژ FSX-٤۱٤ [۳۱] ٤۹
شکل ٤-۳: رشد ترک خزشی در ابرآلیاژ FSX-٤۱٤ در دماهای **850**℃ و **950**℃ [۳٦]..... ٥۰
شکل ٤-٤: نمودار تجربی برای بدست آوردن ضرایب رابطه کافین – منسون [۳۸]..... ٥۱
شکل ٤-٥: مقایسه نتایج آزمایشگاهی با نتایج تجربی [۳۸] ٥۱
شکل ٤-٦: نرخ رشد ترک بر حسب فاکتور شدت تنش در FSX-٤۱٤ [۳۳]..... ٥۲
شکل ٤-۷: نمونه‌ای از اسکنرهای سه بعدی [۳۷] ٥٥
شکل ٤-۸: برش‌های ایجاد شده برای دست‌یابی به زوایا و اندازه‌ها [۳۷] ٥٦
شکل ٤-۹: مدل هندسی تولید شده [۳۷] ٥۷
شکل ٤-۱۰: لبه جلویی مدل تولید شده [۳۷] ٥۷
شکل ٤-۱۱: ابعاد و اندازه‌های پره (برحسب میلیمتر) [۳۷] ٥۸
شکل ٤-۱۲: نازل ردیف اول نیروگاه آبادان [۳۷]..... ٥۹
شکل ٤-۱۳: نمونه‌ای از سگمنت‌های ردیف اول و دوم [۳۷] ٥۹
شکل ٤-۱٤: مدل اجزاء محدود پره شامل ٦۷٤۳۷٤ المان و ۱۳٥۷٤۲ گره..... ٦۱
شکل ٤-۱٥: میدان دمای پره حاصل از تحلیل سیالاتی در حالت کارکرد عادی[۳۷]..... ٦۲

شکل ٤-١٦: میدان دمایی پره حاصل از تحلیل سیالاتی در حالت گرفتگی مجاری هوای خنک کن (برحسب درجه کلوین)[٣٧].....٦٣
شکل ٤-١٧: میدان فشار خارجی پره حاصل از تحلیل سیالاتی (برحسب پاسکال)[٣٧].....٦٣
شکل ٤-١٨: میدان فشار داخلی پره حاصل از تحلیل سیالاتی (برحسب پاسکال)[٣٧].....٦٣
شکل ٥-١: میدان تنش فون مایزز در حالت شرط مرزی آزاد.....٦٧
شکل ٥-٢: میدان تنش فون مایزز در حالت شرط مرزی گیردار ٦٧
شکل ٥-٣: میدان جابه‌جایی کل در حالت شرط مرزی آزاد.....٦٨
شکل ٥-٤: میدان جابه‌جایی کل در حالت شرط مرزی گیردار ٦٨
شکل ٥-٥: واماندگی‌های مشاهده‌شده در نازل‌های ردیف اول توربین گازی ٧٠
شکل ٥-٦: میدان تنش فون مایزز در حالت شرط مرزی منتخب ٧١
شکل ٥-٧: میدان جابه‌جایی در حالت شرط مرزی منتخب.....٧١
شکل ٥-٨: میدان تنش در سمت مکش پره در چهار گام زمانی.....٧٢
شکل ٥-٩: میدان تنش در سمت فشار پره در چهار گام زمانی ٧٤
شکل ٥-١٠: بازشدگی سوراخ‌های خنک کن در اثر فرایند خزش.....٧٦
شکل ٥-١١: میدان جابجایی کل در سمت فشار پره در چهار گام زمانی ٧٧
شکل ٥-١٢: محل تعریف ترک برای تحلیل ترک در سوراخ‌های خنک کن سمت فشار.....٨٠
شکل ٥-١٣: میدان کرنش پلاستیک.....٨٠
شکل ٥-١٤: تغییرات فاکتور شدت تنش را بر حسب طول ترک.....٨٢
شکل ٥-١٥: طول ترک بحرانی در سوپر آلیاژ FSX-٤١٤ [٣٣] ٨٣
شکل ٥-١٦: تغییرات انتگرال $C(t)$ بر حسب طول ترک.....٨٤
شکل ٥-١٧: نازل ردیف اول ، ساعات کاری قابل‌قبول با تعمیرات و بدون تعمیرات پیش‌بینی‌شده در مراحل مختلف[٢٣] ٨٥
شکل ٥-١٨:محل تعریف ترک برای تحلیل ترک در سوراخ‌های خنک کن لبه فرار.....٨٦
شکل ٥-١٩: تغییرات فاکتور شدت تنش را بر حسب طول ترک.....٨٧
شکل ٥-٢٠: سطح شکست سوراخ‌های خنک کن لبه فرار.....٨٨
شکل ٥-٢١: میدان جابه‌جایی پره در حالت بدون خنک‌سازی.....٨٨
شکل ٥-٢٢: میدان تنش فون مایزز پره در حالت بدون خنک‌سازی.....٨٩
شکل ٥-٢٣: تشابه تغییر شکل اتفاق افتاده در مدل شبیه‌سازی شده و نازل‌های ردیف اول.....٨٩
شکل ٥-٢٤: میدان تنش در سمت مکش پره در چهار گام زمانی ٩٠

شکل ۵-۲۵: میدان جابجایی کل در سمت مکش پره در پنج گام زمانی ۹۲
شکل ۵-۲۶: میدان جابه‌جایی کل در سمت فشار در پایان فرایند خزش ۹۴
شکل ۵-۲۷: بادکردگی سمت مکش نازل‌های توربین گازی نیروگاه آبادان ۹۵
شکل ۵-۲۸: میدان کرنش پلاستیک در سمت فشار پره ۹۶

فهرست جداول

جدول ٤-١: ترکیب شیمیایی اسمی FSX-٤١٤ بر حسب درصد وزنی[٣٢].....٤٥
جدول ٤-٢: مدول الاستیسیته و ضریب انبساط حرارتی FSX-٤١٤ بر حسب دما [٣٣].....٤٥
جدول ٤-٣: حداکثر مقاومت کششی، استحکام تسلیم و درصد ازدیاد طول FSX-٤١٤ بر حسب دما [٣٣].....٤٦
جدول ٤-٤: ترکیب شیمیایی اسمی HS-٢١ بر حسب درصد وزنی[٣٤] ٤٧
جدول ٤-٥: داده‌های آزمون تنش-گسیختگی FSX-٤١٤، X-٤٠ و HS-٢١ [٣١].....٤٧
جدول ٤-٦: نتایج ارزیابی کیفیت شبکه‌ی اجزاء محدود ٦٢
جدول ٥-١: عمر جوانه زنی ترک در سوراخ‌های خنک کن سمت مکش پره.....٨١
جدول ٥-٢: عمر رشد ترک در سوراخ‌های خنک کن سمت فشار ٨٤
جدول ٥-٣: عمر جوانه زنی ترک در سوراخ‌های خنک کن لبه فرار.....٨٦
جدول ٥-٤: عمر جوانه زنی ترک در مقطع بحرانی پره در حالت بدون خنک‌سازی ٩٦

فهرست علامت‌ها

حروف انگلیسی

A سطح کل مجموعه المانی

A_{ab} مجموع سطوح المانی بالای ترک

A_{be} مجموع سطوح‌المانی‌پایین ترک

A_e سطح المان

aوa_2 طول ترک در مدلهای مختلف

a_J ضرایب مجهول (افزاینده درجه آزادی)در تابع غنی ساز کلی

B ماتریس کرنش-جابجایی

bوb_2 عرض صفحه‌در مدلهای مختلف

$b_{\alpha I}$ ضرایب مجهول (افزاینده درجه آزادی)درتابع‌غنی‌سازنوک ترک

c_J ضرایب مجهول (افزاینده درجه آزادی)در تابع غنی ساز کلی

D ماتریس تنش-کرنش ماده

$d_{\alpha I}$ ضرایب مجهول (افزاینده درجه آزادی)درتابع‌غنی‌سازنوک ترک

E مدول الاستیسیته

f, f^e نیروهای حجمی

H تابع پله‌ای واحد دو مقداره (غنی ساز کلی) (۱+ یا ۱-)

$2h$	طول صفحه در تمام مدلها
J	ماتریس ژاکوبین انتقال
K_e, K	ماتریس سفتی المان وکل مدل
K_I	ضریب شدت تنش ترک در حالت I
K_{II}	ضریب شدت تنش ترک در حالت II
N_I	تابع شکل
P, P_i	نیروهای متمرکز
r	فاصله گره تا نوک ترک(mm)
r_{ab}	نسبت سطح المانی بالای ترک
r_{be}	نسبت سطح المانی پایین ترک
T, T^e	نیروهای سطحی
t, t_e	ضخامت المان
U	ماتریس مجهولات گره‌ای
U^e	انرژی کرنشی المان
u	جابجایی گره در جهت x
v	جابجایی گره در جهت y

حروف یونانی

θ زاویهٔگره تا امتداد ترک درجهت عکس عقربه‌ها (رادیان)

ϕ_α تابع ٤ جمله‌ای برای غنی سازی نوک ترک

ψ_J توابع غنی ساز

π انرژی پتانسیل کل

σ تنش

ε کرنش

μ مدول برشی

ν ضریب پوآسون

چکیده

نام‌خانوادگی: تارمیغ	نام: افشین	شماره دانشجویی: ۹۰٤۰۱۰۳
عنوان پایان‌نامه: تحلیل رشد ترک در پره‌های ثابت ردیف اول توربین گازی		
استاد راهنما: دکتر شاپور مرادی		
استاد مشاور: دکتر محمد شیشه ساز		
درجه تحصیلی: کارشناسی‌ارشد	رشته: مکانیک	گرایش: طراحی کاربردی
دانشگاه: شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی	گروه: مکانیک
تاریخ فارغ‌التحصیلی:		تعداد صفحه:

کلید واژه‌ها: نازل ردیف اول، تحلیل ترک، توربین گازی، اجزاء محدود

چکیده:

از جمله مشکلات قابل توجه برخی از نیروگاه‌های گازی در حال کار در ایران، خرابی‌های موجود در پره‌های ثابت توربین و به ویژه ردیف اول آن‌ها که در درجه حرارت‌های بالائی کار می‌کنند می‌باشد. این قسمت که به دلیل پیچیدگی خاص تکنولوژی ساخت آن، هنوز هم بسیاری از پره‌ها که شدیدا مورد نیاز صنایع کشور می‌باشند، همه ساله با صرف هزینه‌های ارزی، از کشورهای بزرگ صنعتی تامین می‌گردند. در این پژوهش، نازل توربین گازی مدل GE-۹ مورد استفاده در نیروگاه آبادان به روش المان محدود شبیه سازی و در شرایط کاری مختلف بررسی می‌شود. ابتدا به کمک اسکن سه بعدی مدل هندسی پره ساخته شده و با ورود آن به نرم افزار تحلیل گر ABAQUS، تحلیل سازه ای بدون تأثیرات خزش، تحلیل خزشی و سپس تحلیل ترک انجام شده است. در ادامه نتایج گرفته شده، با شرایطی که در واقیعیت برای نازل‌ها رخ می‌دهد، مقایسه می‌شوند. بررسی‌ها، اهمیت خنک سازی نازل‌های ردیف اول را نشان می‌دهد.

فصل اول

مقدمه و طرح مسئله

در سیکل توربین گازی، کمپرسور، هوا را با شرایط دما و فشار محیط به درون خود کشیده و آن را فشرده می‌سازد. هوای فشرده وارد محفظه احتراق شده و در آنجا همراه با سوخت پاشیده شده، می‌سوزد. محصولات احتراق وارد توربین می‌شوند و به واسطه آنتالپی زیاد خود و تمایل به انبساط، پره‌های توربین را می‌چرخانند و کار تولید می‌کنند. مقداری از کار صرف راندن کمپرسور می‌شود و بقیه آن به مصرف بار خارجی می‌رسد. محصولات احتراق بعد از خروج از توربین به فشار محیط می‌رسند.

نازل‌های ردیف اول در توربین‌های گازی بعد از محفظه احتراق قرار داشته و وظیفه آنان هدایت گازهای بسیار گرم و پرفشار حاصل از احتراق به پره‌های متحرک توربین گازی است به نحوی که زاویه برخورد گازهای داغ با پره‌ها به صورت مماس بوده و از هر گونه ضربه و تکان جلوگیری شود. برای اینکه زاویه مناسب برخورد با پره‌های متحرک فراهم شود نازل‌ها دارای انحنای زیادی بوده به نحوی که بتوانند زاویه لازم برای برخورد مماسی را فراهم نمایند. از آنجا که این نقطه از توربین دارای بیش‌ترین فشار و بیش‌ترین دما است لذا مقاومت آن از نظر متالورژیکی و مکانیکی بسیار بااهمیت است. بر اساس قوانین ترمودینامیکی هر چه دما و فشار ورودی به توربین بالاتر باشد راندمان توربین گازی بیشتر بوده و صرفه‌جویی در انرژی مصرفی نیز بیشتر است. به همین خاطر طراحان توربین‌های گازی همواره در تلاش بوده‌اند که از دو طریق زمینه لازم برای افزایش دما و فشار در توربین را فراهم نمایند که عبارت‌اند از:

۱- استفاده از سیستمهای خنک کاری مناسب برای پایین نگه‌داشتن دمای بدنه نازل

۲- استفاده از مواد مناسب با تحمل حرارتی بالا

هنگامی‌که دمای ورود به توربین افزایش پیدا می‌کند میزان انتقال حرارت به پرهٔ توربین بالا می‌رود. معمولا دماهای کاری توربین بیشتر از دمای مجاز برای آلیاژ پره آن است بنابراین پره ها برای عملکرد مطمئن و افزایش عمر مفید خود، نیازمند خنک کاری هستند. پره‌ها به وسیله هوای گرفته‌شده از کمپرسور توربین خنک می‌شوند. خنک کاری داخلی پره‌ها، به وسیله عبور سیال خنک کن از کانال‌های تعبیه‌شده درون پره صورت می‌گیرد.

۱-۱ بیان مسئله، اهمیت و ضرورت

یکی از اجزای توربین‌های گازی نازل‌های ثابت ردیف اول است که یک مجموعه ۱۸ سگمنی را تشکیل می‌دهد. هر سگمنت دارای دو ایرفویل است که سوراخ‌های هوا خنک کن، لبه جلویی و لبه پشتی از قسمت‌های اصلی آن است. علت این نام‌گذاری آن است که شکل قرارگیری دو پره ثابت در یک نازل منجر به افزایش سرعت گاز داغ ورودی و هدایت آن تحت سرعت و زاویه مطلوب به سمت پره‌های متحرک می‌شود. هنوز هم بسیاری از پره‌ها که شدیداً مورد نیاز صنایع کشور می‌باشند، به دلیل پیچیدگی خاص تکنولوژی ساخت آن، همه‌ساله با صرف هزینه‌های ارزی، از کشورهای بزرگ صنعتی تأمین می‌گردند.

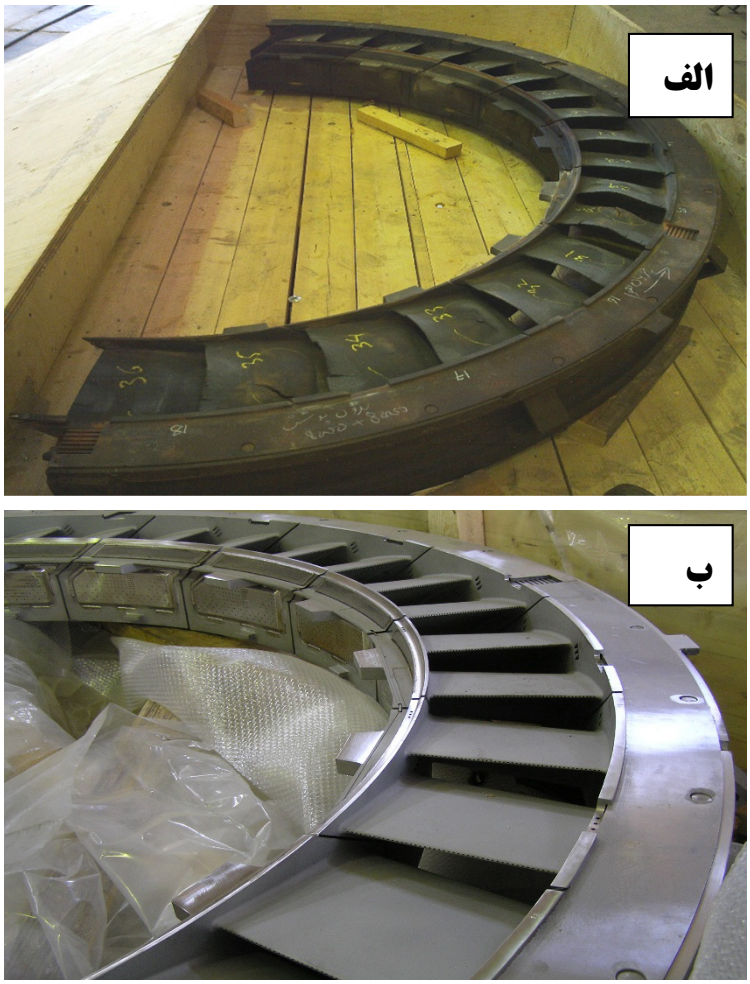
هدف اصلی از تحقیق حاضر، بررسی رشد ترک در نازل‌های ثابت ردیف اول در نیروگاه گازی آبادان است. این نازل‌ها در کمتر از یک سوم عمر تعمیر اولیه کاری خود (کمتر از ۸۰۰۰ ساعت بجای ۲٤۰۰۰ ساعت) دچار آسیب‌های سطحی از قبیل پارگی شدید و ترک‌خوردگی در نواحی ایرفویل ها، لبه‌ها و در مجاری عبور هوا در سمت مکش و سمت فشار می‌شوند. در تأیید و اثبات بیان مسئله، اشکال ۱-۱ الی ۱-۲ آورده شده است که خود گویای واقعیت موضوع است. این نازل‌ها پس از ۸۰۰۰ ساعت، تعمیر اساسی شده و بکار گرفته‌شده‌اند اما مجدداً پس از ۸۰۰۰ ساعت به این وضع دچار شده‌اند. برای فهم بهتر موضوع قسمت‌های اصلی یک نازل در شکل ۱-۳ نشان

داده‌شده‌اند. این شکل قسمت‌های اصلی یک نازل مانند سمت فشار، لبه جلویی و لبه پشتی و همچنین سوراخ‌های خنک کاری را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱: آثار چاک خوردگی و پارگی در نازل ها

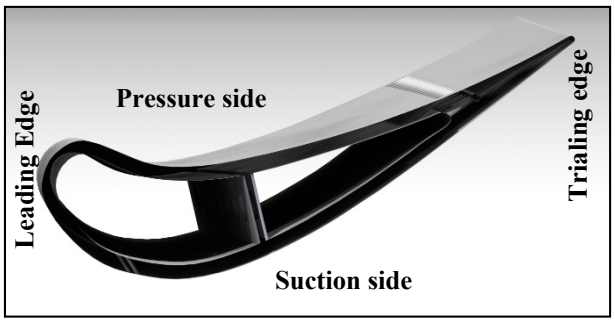
همچنین بازرسی‌های چشمی نشان می‌دهد که تعداد زیادی از سوراخ‌های سیستم خنک کاری ایرفویل ها مسدود شده‌اند. حضور ذرات گرد و غبار در داخل اینترنت‌ها و کلیه مجاری هوا، نشان می‌دهد که این عامل موجب بسته شدن سوراخ‌های ورود هوای خنک کن شده است. شکل ۱-٤ گرفتگی سوراخ‌های خنک کن در نازل‌های ردیف اول توربین گازی نیروگاه آبادان نشان می‌دهد. آثار تخریب در حدی است که نازل‌ها بایستی تعمیر اساسی شده و یا جایگزین شوند.

زمان‌های بازرسی دوره ای توسط شرکت سازنده اعلام شده و عمر اسمی نازل‌ها نیز به طور تقریبی داده شده است. این عمر کاری تابع عوامل مختلف محیطی، کیفیت و نوع سوخت مصرفی و شرایط بهره برداری است. بازرسی اول پس از ۲٤۰۰۰ ساعت انجام می‌گردد. در این مرحله، بازدید از مسیرهای داغ صورت گرفته، محفظه توربین باز شده، و نازل‌ها خارج می‌گردند تا تحت بررسی چشمی و آزمون‌های غیرمخرب قرار بگیرند.



شکل ۱-۲: نمای از یک نیم حلقه نازل، الف) نازل کارکرده که خرابی زودرس در آن‌ها مشاهده‌شده

ب) نازل نو قبل از سوار کردن



شکل ۱-۳: معرفی قسمت های مختلف یک نازل