



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

رساله دکتری

موضوع:

تعیین ضریب شدت تنش استوانه اتوفرتاژ شده با ترک
طولی نیم‌بیضوی تحت بارهای مکانیکی و حرارتی
متغیر در راستای محور به روش تابع وزن دوبعدی

دانشجو:

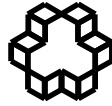
حامد سعیدی گوگرچین

استاد راهنما:

دکتر رحمت الله قاجار

شهریور ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاییدیه هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:
تعیین ضریب شدت تنش استوانه اتوفر تاژ شده با ترک طولی نیم بیضوی تحت بارهای مکانیکی
و حرارتی متغیر در راستای محور به روش تابع وزن دوبعدی
توسط حامد سعیدی گوگرچین صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه دکتری
رشته مهندسی مکانیک با رتبه عالی در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۳۱ مورد تأیید قرار دادند.

۱- استاد راهنما دکتر رحمت الله قاجار امضاء

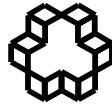
۲- استاد ممتحن دکتر غلامحسین فرهی امضاء

۳- استاد ممتحن دکتر مجیدرضا آیت اللهی امضاء

۴- استاد ممتحن دکتر سید محمدرضا خلیلی امضاء

۵- استاد ممتحن دکتر امیررضا شاهانی امضاء

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی دکتر مجید عمیدپور امضاء



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظهارنامه دانشجو

اینجانب حامد سعیدی گوگرچین دانشجوی دکتری رشته مهندسی مکانیک دانشکده مهندسی

مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در

پایان‌نامه با عنوان:

**تعیین ضریب شدت تنش استوانه اتوفرتاژ شده با ترک طولی نیم‌بیضوی تحت بارهای مکانیکی
و حرارتی متغیر در راستای محور به روش تابع وزن دوبعدی**

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر رحمت الله قاجار توسط شخص اینجانب انجام

شده است. صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد. در مورد

استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که

مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد

دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه

را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

حق طبع، نشر و مالکیت نتایج

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده و استاد راهنمای آن می باشد. هرگونه تصویربرداری از کل یا بخشی از پایان نامه تنها با موافقت نویسنده یا استاد/استادان راهنما یا کتاب-خانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.
- ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.
- ۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تقدیم به

پیشگاه حضرت صاحب‌الزمان، مهدی موعود (عج)
که به برکت حضور و وجودش جهان هنوز پایرجاست.

تشکر و قدردانی

از خداوند متعال سپاسگزام که الطاف بی‌پایان او همیشه باعث امید و تلاش برای ادامه‌ی بهتر مسیر می‌باشد. بر خود واجب می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر رحمت الله قاجار تشکر نمایم. بی‌شک، پژوهش‌های این رساله بدون بهره از راهنمایی‌ها و روشنگری‌های ایشان به سرانجام نمی‌رسید. از پدر و مادر عزیزم، که در طول ۲۳ سال تحصیل، همواره حامی و مشوق اصلی اینجانب در تحمل دشواری‌های این مسیر بوده‌اند، تشکر می‌نمایم. از همسر خود که در طول دوره‌ی مقطع دکتری با تمام وجود همراه و پشتیبان اینجانب بوده‌اند، قدردانی می‌گردد. در پایان از اساتید ممتحن رساله، جناب آقایان دکتر فرهی، استاد دانشگاه صنعتی شریف، دکتر آیت‌اللهی، استاد دانشگاه علم و صنعت، دکتر شاهانی و دکتر خلیلی، اساتید دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه، جناب آقای دکتر عمیدپور تشکر می‌نمایم.

سپاسگزاری از اساتید به معنی ارادت اینجانب نسبت به این بزرگواران می‌باشد، امیدوارم بتوانم ادامه دهنده‌ی راه ایشان در دانشگاه باشم.

چکیده

در این پژوهش، استوانه‌ی حاوی ترک طولی نیم‌بیضوی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. حل تحلیلی میدان تنش ترموالاستیک در استوانه‌ی کوتاه تحت بارهای مکانیکی و حرارتی شبه‌استاتیکی با گرادیان محوری به کمک تبدیلات انتگرالی هنکل محدود و فوریه محدود ارائه می‌شود. در استوانه کوتاه، دستگاه معادلات حرکت کوپله به همراه شرایط مرزی کوپله تحلیل می‌شود. روش حل تحلیلی به کار گرفته شده به گونه‌ای است که به کمک آن استوانه تحت شرایط مرزی و بارگذاری‌های مختلف، قابل تحلیل می‌باشد. تابع وزن دوبعدی ترک نیم‌بیضوی سطحی در ورق با ضخامت محدود و در دیواره‌ی داخلی استوانه جدار ضخیم استخراج می‌گردد. این تابع وزن امکان در نظر گرفتن هر بارگذاری دوبعدی دلخواه روی سطح ترک را فراهم می‌آورد. تابع وزن دوبعدی امکان محاسبه‌ی ضریب شدت تنش برای نقاط مختلف روی جبهه‌ی ترک را نیز میسر می‌سازد. نتایج نشان می‌دهد که در استوانه‌های حاوی ترک طولی نیم‌بیضوی تحت بارهای مکانیکی و حرارتی با گرادیان محوری، نقاط بحرانی جبهه‌ی ترک از دیدگاه ضریب شدت تنش لزوماً نقاط سطحی و عمقی نمی‌باشند. این موضوع می‌تواند بر روند رشد جبهه‌ی ترک و پیش‌بینی عمر استوانه ترک‌دار تأثیرگذار باشد. بر اساس تحلیل‌های انجام شده، در استوانه‌های حاوی ترک طولی نیم‌بیضوی تحت بارهای مکانیکی و حرارتی با گرادیان محوری، لزوماً ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک، نسبت به نقطه‌ی عمقی متقارن نمی‌باشد. این موضوع می‌تواند منجر به رشد نامتقارن ترک نیم‌بیضوی گردد. به علت اندرکنش تنش‌های محیطی کششی و فشاری در استوانه‌ی تحت بار حرارتی با گرادیان خطی، با افزایش نسبت عمق ترک، ضریب شدت تنش نقاط عمقی کاهش می‌یابد. در استوانه‌ی اتوفرتاژ به دلیل توزیع تنش پسماند ناشی از فرآیند اتوفرتاژ، کاهش ضریب شدت تنش در نقاط سطحی بیشتر از کاهش آن در نقاط عمقی می‌باشد. مقایسه‌ی نتایج حاصل از تابع وزن پیشنهادی در تطابق بسیار خوبی با نتایج موجود در مراجع و نتایج روش اجزاء محدود قرار دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ساده‌ترین سازه‌های صنعتی، صفحه‌ی ترک مجازی می‌تواند توزیع تنش دوبعدی‌ای تجربه کند که توابع وزن یک‌بعدی امکان استخراج ضریب شدت تنش صحیح را نخواهند داشت. لذا به کارگیری توابع وزن دوبعدی در تعیین ضریب شدت تنش در سازه‌های ترک‌دار ضروری می‌باشد.

کلمات کلیدی: تابع وزن دوبعدی، استوانه جدار ضخیم، ترک طولی نیم‌بیضوی، اتوفرتاژ، فشار و بار حرارتی

متغیر محوری

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: مروری بر تحقیقات پیشین و معرفی پژوهش حاضر

(۱-۱) مقدمه ۶

(۲-۱) مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه میدان تنش ترموالاستیک در استوانه کوتاه ۶

(۳-۱) تحقیقات انجام شده در زمینه تعیین ضریب شدت تنش با استفاده از روش تابع وزن ۸

(۴-۱) مروری بر مطالعات در زمینه‌ی تعیین تنش پسماند در استوانه اتوفرتاژ ۱۶

(۵-۱) مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه استخراج ضریب شدت تنش در استوانه اتوفرتاژ ۱۸

(۶-۱) معرفی پژوهش حاضر ۲۲

(۷-۱) فرضیات حاکم بر پژوهش حاضر ۲۳

(۸-۱) خلاصه ۲۴

فصل دوم: میدان تنش تحلیلی ترموالاستیک در استوانه کوتاه

(۱-۲) مقدمه ۲۷

(۲-۲) معادلات جابجایی کوپله به همراه شرایط مرزی کوپله ۲۷

(۳-۲) تبدیل فوریه محدود ۳۲

(۴-۲) تبدیل هنکل محدود ۳۲

(۵-۲) استخراج تحلیلی میدان تنش ترموالاستیک ۳۳

(۱-۵-۲) میدان حرارتی ۳۳

(۲-۵-۲) میدان جابجایی ۳۴

(۶-۲) خلاصه ۴۳

فصل سوم: تابع وزن دوبعدی ترک نیم‌بیضوی

- ۴۵ (۱-۳) مقدمه
- ۴۵ (۲-۳) فرمول‌بندی روش تابع وزن دوبعدی
- ۵۴ (۳-۳) دستگاه مختصات کمکی
- ۵۵ (۴-۳) استخراج ضریب شدت تنش مرجع
- ۶۲ (۵-۳) استخراج تابع وزن دوبعدی ترک نیم‌بیضوی در ورق با ضخامت محدود
- ۶۵ (۶-۳) استخراج تابع وزن دوبعدی ترک نیم‌بیضوی طولی داخلی در استوانه جدار ضخیم
- ۶۷ (۷-۳) همگرایی تابع وزن
- ۶۸ (۸-۳) یکتایی تابع وزن
- ۶۹ (۹-۳) استخراج ضریب شدت تنش برای ترک نیم‌دایروی
- ۷۴ (۱۰-۳) خلاصه

فصل چهارم: نتایج و بحث

- ۷۶ (۱-۴) مقدمه
- ۷۶ (۲-۴) تنش ترموالاستیک در استوانه کوتاه
- ۸۳ (۳-۴) ترک نیم بیضوی در ورق با ضخامت محدود
- ۹۴ (۴-۴) ترک طولی نیم بیضوی در استوانه جدار ضخیم
- ۹۶ (۱-۴-۴) استوانه تحت بار مکانیکی با گرادیان محوری
- ۱۰۳ (۲-۴-۴) استوانه تحت بار حرارتی با گرادیان محوری
- ۱۰۷ (۳-۴-۴) استوانه اتوفرتاژ تحت بار مکانیکی با گرادیان محوری
- ۱۲۲ (۵-۴) خلاصه

فصل پنجم: جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۵) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۲۴

۲-۵) نوآوری‌های رساله حاضر ۱۲۵

۳-۵) پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی ۱۲۶

مراجع ۱۲۸

پیوست ۱۳۶

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۹.....	شکل (۱-۱): ترک لبه‌ای تحت تنش صفحه‌ای دلخواه.
۱۴.....	شکل (۲-۱): گرادیان فشار محوری شماتیک در لوله‌ی توپ [۵۲].
۱۵.....	شکل (۳-۱): پروفیل ترک طولی در یک لوله تفنگ ۱۲۰ میلیمتری [۵۳].
۲۵.....	شکل (۴-۱): رساله در یک نگاه
۲۹.....	شکل (۱-۲): معرفی هندسه‌ی استوانه‌ی جدار ضخیم کوتاه.
۴۶.....	شکل (۱-۳): تابع وزن یک بعدی الف) ترک تحت بار در دوردست. ب) توزیع تنش در صفحه‌ی مجازی ترک در هندسه‌ی بدون ترک. ج) توزیع بار روی سطح ترک [۵۶].
۴۷.....	شکل (۲-۳): نمونه‌های از توزیع بار دو بعدی بر روی سطح ترک نیم‌بیضوی [۵۶].
۴۹.....	شکل (۳-۳): پارامترهای تابع وزن برای ترک‌های دو بعدی کلی [۵۶].
۵۱.....	شکل (۴-۳): پارامترهای تابع وزن الف) ترک نیم‌صفحه ب) ترک دایروی [۵۶].
۵۳.....	شکل (۵-۳): پارامترهای تابع وزن برای ترک بیضوی درونی.
۵۴.....	شکل (۶-۳): معرفی دستگاه مختصات کمکی.
۵۷.....	شکل (۷-۳): لوله جدارضخیم حاوی ترک طولی نیم‌بیضوی.
۵۸.....	شکل (۸-۳): نمونه‌ای از مش‌بندی استوانه ترکدار
۵۸.....	شکل (۹-۳): نمونه‌ای از مش‌بندی ترک
۶۰.....	شکل (۱۰-۳): مقایسه‌ی نتایج ضریب شدت تنش مرجع بی‌بعد با نتایج مرجع [۱۰۰] برای نسبت منظر ترک ۰/۲.
۶۰.....	شکل (۱۱-۳): مقایسه‌ی نتایج ضریب شدت تنش مرجع بی‌بعد با نتایج مرجع [۱۰۰] برای نسبت منظر ترک ۰/۴.
۶۱.....	شکل (۱۲-۳): ورق با ضخامت محدود حاوی ترک طولی نیم‌بیضوی.
۶۷.....	شکل (۱۳-۳): مقایسه‌ی ضرایب تابع وزن دوبعدی برای ترک طولی نیم‌بیضوی در جدار داخلی استوانه با مقادیر پیش‌بینی شده توسط رابطه‌ی (۳-۳۳).
۷۹.....	شکل (۱-۴): مقایسه توزیع تنش محیطی به روش تبدیلات انتگرالی با نتایج روش عددی برای استوانه تحت فشار داخلی خالص یکنواخت.

- شکل (۲-۴): توزیع تنش محیطی در جداره استوانه تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی به روش تبدیلات انتگرالی. ۸۰
- شکل (۳-۴): مقایسه توزیع تنش محیطی به روش تبدیلات انتگرالی با نتایج روش عددی برای استوانه تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی ۸۰
- شکل (۴-۴): مقایسه توزیع تنش محیطی به روش تبدیلات انتگرالی با نتایج روش عددی برای استوانه تحت فشار داخلی با گرادیان محوری غیرخطی ۸۱
- شکل (۵-۴): مقایسه توزیع تنش محیطی به روش تبدیلات انتگرالی با نتایج روش عددی برای استوانه تحت بار حرارتی داخلی با گرادیان محوری خطی ۸۲
- شکل (۶-۴): مقایسه توزیع تنش محیطی به روش تبدیلات انتگرالی با نتایج روش عددی برای استوانه تحت بار حرارتی داخلی با گرادیان محوری خطی و فشار داخلی با گرادیان محوری غیرخطی ۸۴
- شکل (۷-۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۱ و نسبت عمق ۰/۲ در ورق با ضخامت محدود با نتایج مرجع [۹۶]. ۸۶
- شکل (۸-۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۱ و نسبت عمق ۰/۴ در ورق با ضخامت محدود با نتایج مرجع [۹۶]. ۸۷
- شکل (۹-۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۱ و نسبت عمق ۰/۶ در ورق با ضخامت محدود با نتایج مرجع [۹۶]. ۸۷
- شکل (۱۰-۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۱ و نسبت عمق ۰/۸ در ورق با ضخامت محدود با نتایج مرجع [۹۶]. ۸۸
- شکل (۱۱-۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظرهای ۰/۲، ۰/۶ و ۱ و نسبت عمق ۰/۲ تحت بارگذاری دوبعدی مرتبه ۲ در راستای ضخامت با نتایج روش اجزا محدود. ۹۰
- شکل (۱۲-۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظرهای ۰/۲، ۰/۶ و ۱ و نسبت عمق ۰/۲ تحت بارگذاری دوبعدی مرتبه ۳ در راستای ضخامت ورق با نتایج روش اجزا محدود. ۹۰

شکل (۴-۱۳): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظرهای ۰/۲، ۰/۶ و ۱ و نسبت عمق ۰/۸ تحت بارگذاری دوبعدی مرتبه ۲ در راستای ضخامت ورق با نتایج روش اجزا محدود. ۹۱

شکل (۴-۱۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظرهای ۰/۲، ۰/۶ و ۱ و نسبت عمق ۰/۸ تحت بارگذاری دوبعدی مرتبه ۳ در راستای ضخامت ورق با نتایج روش اجزا محدود. ۹۱

شکل (۴-۱۵): توزیع بار دوبعدی بر روی صفحه ترک مجازی در یک نمونه قطعه‌ی صنعتی ساده. ۹۳

شکل (۴-۱۶): ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط روی جبهه‌ی ترک نیم بیضوی با نسبت منظرهای مختلف و نسبت عمق ۰/۲ تحت بارگذاری یک بعدی رابطه (۴-۱۸) متغیر در راستای عرض ترک. ۹۴

شکل (۴-۱۷): شبیه‌سازی رشد ترک سطحی بر اساس الگوریتم‌های رشد نقطه‌ی عمقی و نقطه‌ی سطحی [۱۰۷]. ۹۴

شکل (۴-۱۸): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج روش اجزا محدود. ۹۷

شکل (۴-۱۹): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۴ و نسبت عمق های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج روش اجزا محدود. ۹۸

شکل (۴-۲۰): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج روش اجزا محدود. ۹۸

شکل (۴-۲۱): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج مرجع [۱۱۰]. ۱۰۰

شکل (۴-۲۲): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۴ و نسبت عمق های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج مرجع [۱۱۰]. ۱۰۰

شکل (۴-۲۳): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج مرجع [۱۱۰]..... ۱۰۱

شکل (۴-۲۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی با نتایج روش اجزا محدود..... ۱۰۱

شکل (۴-۲۵): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۴ و نسبت عمق‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی با نتایج روش اجزا محدود..... ۱۰۲

شکل (۴-۲۶): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی با نتایج روش اجزا محدود..... ۱۰۲

شکل (۴-۲۷): ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۱ و نسبت عمق‌های ۰/۱ تا ۰/۵ در استوانه جدارضخیم تحت بار حرارتی داخلی با گرادیان محوری خطی..... ۱۰۴

شکل (۴-۲۸): ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق‌های ۰/۱ تا ۰/۵ در استوانه جدارضخیم تحت حرارت داخلی با گرادیان محوری خطی..... ۱۰۶

شکل (۴-۲۹): ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۸ و نسبت عمق‌های ۰/۱ تا ۰/۵ در استوانه جدارضخیم تحت حرارت داخلی با گرادیان محوری خطی..... ۱۰۶

شکل (۴-۳۰): ضریب شدت تنش بی‌بعد نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های ۰/۱ تا ۰/۵ در استوانه جدارضخیم تحت حرارت داخلی با گرادیان محوری خطی..... ۱۰۷

شکل (۴-۳۱): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت بدون اتوفرتاژ با نتایج روش اجزا محدود..... ۱۰۹

شکل (۴-۳۲): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۶ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت بدون اتوفرتاژ با نتایج روش اجزا محدود..... ۱۰۹

شکل (۴-۳۳): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی یکنواخت بدون اتوفرتاژ با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۰.....

شکل (۴-۳۴): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم اتوفرتاژ تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۱.....

شکل (۴-۳۵): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۶ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم اتوفرتاژ تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۱.....

شکل (۴-۳۶): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم اتوفرتاژ تحت فشار داخلی یکنواخت با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۲.....

شکل (۴-۳۷): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی بدون اتوفرتاژ با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۳.....

شکل (۴-۳۸): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۶ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی بدون اتوفرتاژ با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۴.....

شکل (۴-۳۹): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی بدون اتوفرتاژ با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۴.....

شکل (۴-۴۰): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۲ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدارضخیم اتوفرتاژ تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۶.....

شکل (۴-۴۱): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۰/۶ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدار ضخیم اتوفرتاژ تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۶

شکل (۴-۴۲): مقایسه‌ی ضریب شدت تنش نقاط جبهه‌ی ترک طولی نیم بیضوی با نسبت منظر ۱ و نسبت عمق‌های مختلف در استوانه جدار ضخیم اتوفرتاژ تحت فشار داخلی با گرادیان محوری خطی با نتایج روش اجزا محدود. ۱۱۷

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۳): ضریب شدت تنش بی بعد ترک طولی نیم‌بیضوی داخلی استوانه جدار ضخیم	۵۹
جدول (۲-۳): ضرایب ثابت تابع وزن دوبعدی برای ترک نیم‌بیضوی در ورق با ضخامت محدود	۶۳
جدول (۳-۳): ضرایب ثابت B_{ij}	۶۴
جدول (۴-۳): ضرایب ثابت B_{0jk}	۶۵
جدول (۵-۳): ضرایب ثابت B_{1jk}	۶۶
جدول (۶-۳): ضرایب ثابت B_{2jk}	۶۶
جدول (۷-۳): ضرایب ثابت B_{3jk}	۶۶
جدول (۸-۳): ضرایب ثابت B_{4jk}	۶۶
جدول (۹-۳): همگرایی تابع وزن	۶۸
جدول (۱-۴): هندسه و خواص مکانیکی استوانه	۷۶
جدول (۲-۴): فشار داخلی خالص یکنواخت و مستقل از زمان	۷۸
جدول (۳-۴): فشار داخلی خالص با گرادیان محوری خطی و مستقل از زمان	۷۹
جدول (۴-۴): فشار داخلی خالص با گرادیان محوری غیر خطی و مستقل از زمان	۸۱
جدول (۵-۴): بار حرارتی داخلی خالص با گرادیان محوری خطی و مستقل از زمان	۸۲
جدول (۶-۴): بار حرارتی داخلی خالص با گرادیان محوری خطی و مستقل از زمان	۸۳
جدول (۷-۴): مقایسه ی ضرایب شدت تنش بی بعد نقاط سطحی، C، و عمقی، A، ترک نیم بیضوی در ورق با ضخامت محدود تحت بارگذاری یک بعدی روی سطح ترک با نتایج مرجع [۱۰۵]	۸۵
جدول (۸-۴): مقایسه ی نتایج ضریب شدت تنش بی بعد نقطه عمقی ترک نیم بیضوی در ورق با ضخامت محدود تحت بارگذاری روی سطح ترک ناشی از تنش پسماند فرآیند جوشکاری	۸۸
جدول (۹-۴): مقایسه ی نتایج انتگرال J نقطه ی عمقی با استفاده از تابع وزن براساس دیدگاه مکانیک شکست الاستیک خطی و روش اجزاء محدود براساس دیدگاه مکانیک شکست الاستیک - پلاستیک	۱۲۱
جدول (۱۰-۴): مقایسه ی نتایج انتگرال J نقطه ی سطحی با استفاده از تابع وزن براساس دیدگاه مکانیک شکست الاستیک خطی و روش اجزاء محدود براساس دیدگاه مکانیک شکست الاستیک - پلاستیک	۱۲۱

فهرست علائم و اختصارات

عنوان	علامت اختصاری
طول ترک، شعاع داخلی استوانه	a
توابع کمکی	A_1, A_2, A_3, A_4
نصف طول استوانه، شعاع خارجی استوانه	b
نصف عرض ترک	c
بار نقطه‌ای واحد	f
ضریب اصلاحی شکل، ضریب شدت تنش بی‌بعد	F
تبدیل فوریه‌ی محدود سینوسی، تبدیل فوریه‌ی محدود کسینوسی	F_s, F_c
توابع دمای تجویز شده بر سطوح داخلی و خارجی استوانه	g_i, g_o
ثابت ماده، تبدیل هنکل محدود	H
ضریب شدت تنش مود اول، کرنل	K
کرنل معادله‌ی انرژی	$Kernel_T$
کرنل معادله‌ی حرکت در راستای شعاعی	$Kernel_u$
کرنل معادله‌ی حرکت در راستای محوری	$Kernel_w$
ضریب شدت تنش مرجع	K_r
تابع وزن و توان تابع توزیع تنش	m
پارامترهای تابع وزن بار نقطه‌ای	M, M_i
مکان بار نقطه‌ای بر روی سطح ترک	P
نقطه‌ی مورد نظر روی جبهه‌ی ترک	P'
شعاع در مختصات قطبی	r
شعاع در مختصات قطبی برای نقطه‌های روی جبهه‌ی ترک	R
شعاع داخلی استوانه	R_i
شعاع خارجی استوانه	R_o
کمترین فاصله بین محل اعمال بار نقطه‌ای و جبهه‌ی ترک	s
کل مساحت سطح ترک	S
کشش یکنواخت و خمش در دوردست	S_t, S_b
ضخامت ورق، ضخامت استوانه، زمان	t
دمای ماده	T
دمای ماده‌ی عاری از تنش	T_0
جابجایی شعاعی و محوری در دستگاه مختصات قطبی	u, w
جابجایی سطح ترک برای ضریب شدت تنش مرجع	u_r
مختصات کارتزین	x, y, z
نسبت منظر ترک بیضوی	α

α^*	ضریب نفوذپذیری
β	نسبت طول ترک به ضخامت نمونه
Γ	مرز جبهه‌ی ترک
θ	مختصه‌ی زاویه در دستگاه مختصات قطبی برای نقاط روی جبهه‌ی ترک
ρ	فاصله‌ی بین بار اعمالی واحد و نقطه‌ی مورد روی جبهه‌ی ترک
ϕ	زاویه‌ی پارامتریک بیضی برای نقطه‌ی مورد نظر روی جبهه‌ی ترک
σ	تابع توزیع تنش بر روی سطح ترک
σ_0	توزیع تنش یکنواخت
φ	مختصه‌ی زاویه در مختصات قطبی برای محل اعمال بار واحد
λ, μ	ثوابت لامه
ν	ضریب پواسون