بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی مکانیک- گرایش طراحی کاربردی

عنوان:

بررسی و مدل سازی رشد ترک در مواد ایزوتروپیک به روش المان محدود توسعه یافته

استاد راهنما:

احمد قاسمی قلعه بهمن

نگارنده:

سعید صلواتی

سال ۱۳۹۲

بنام خدا

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه آقای / خانم سعید صلواتی ..... برای اخذ کارشناسی ارشد مهندسی

تحت عنوان : بررسی و مدل سازی رشد ترک در مواد ایزوتروپیک به روش المان محدود توسعه یافته

در جلسه مورخ ۹۲/۱۲/۱۸ بررسی و با نمره هفده (۱۷) ..... مورد تایید قرار گرفت .

هیئت داوران :

استاد راهنما : ..... امضاء .....

استاد مشاور : ..... امضاء .....

استاد داور : ..... امضاء .....

استاد داور : ..... امضاء .....

مسئول تحصیلات تکمیلی : ..... امضاء .....

دانشگاه سمنان
تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی

۹۲/۱۲/۲۰

تقدیر و تشکر

باتشکر فراوان از جناب آقای دکتر احمد قاسمی قلعه بهمن که بنده را در انجام این امر یاری نمودند.

بسمه تعالی

اینجانب ..... سعید صلواتی ..... متعهد می‌شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان

..... بررسی و مدل سازی رشد ترک در مواد الیاف تقویتی به روش المان محدود توسعه یافته .....

که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد ..... مکانیک ..... گرایش ..... طراحی کاربردی ..... به گروه

مهندسی ..... مکانیک ..... دانشکده مهندسی دانشگاه سمنان ارائه شده، دارای اصالت پژوهشی و

حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان

نامه از این جانب سلب شده و موارد از طرف مراجع زیربط قابل پیگیری بوده و اینجانب تابع نظر

قانون و تصمیمات دانشگاه می باشم.

نام و نام خانوادگی: سعید صلواتی

شماره دانشجویی: ۹۰۱۱۱۶۹۰۱۶

امضاء

این ناچیز را اگر قدریست:

به سرایندگان خوش آهنگ ترین ترنم مهرورزی و محبت

عینی ترین تجسم ایثار و شفقت ،

بی بدیل ترین مروارید ، هستی ساز و هستی بخش

پدر و مادر مهربانم

چکیده

به طور کلی مبحث گسترش ترک در مکانیک شکست یکی از موضوعاتی است که از سالیان گذشته مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است. علی رغم تمامی ویژگی‌های روش اجزاء محدود استاندارد، این روش دارای معایبی است که استفاده از آن را در بعضی مسایل به خصوص بحث گسترش ترک محدود می سازد. یکی از معایب عمده این روش وابستگی المانها به یکدیگر است لذا اعمال شرایط ناپیوستگی امکان پذیر نمی باشد، بنابراین مش بندی مجدد دامنه مورد مطالعه از چالش‌های مهم روش اجزاء محدود استاندارد محسوب می‌گردد. درحالیکه در روش اجزاء محدود توسعه یافته نیازی به مش بندی مجدد دامنه برای گسترش ترک نمی-باشد. از طرفی وجود تکینگی تنش در نوک ترک مشکل دیگر این روش است که برای حل این مشکل باید از المانی که دارای تابع شکل غیر تکین است استفاده نمود. در روش اجزاء محدود توسعه یافته برای شبیه سازی رشد ترک و نیز رفع تکینگی تابع تنش از غنی سازی نقاط اطراف ترک استفاده می‌شود. همچنین برای بررسی گسترش ترک روش مجموعه تراز به کار می‌رود، با استفاده از مجموعه تراز می‌توان موقعیت نوک ترک و نیز بدنه ترک را در هر مرحله از رشد ترک یافت و در نتیجه المان‌هایی که باید غنی سازی گردند انتخاب نمود.

علاوه بر این در این پژوهش از روش فرا معین برای محاسبه ضرایب شدت تنش و همچنین محاسبه ضرایب مراتب بالاتر بسط ویلیامز سازه های شامل ترک در مودهای مختلف بارگذاری استفاده می‌شود. کارایی روش ارائه شده ازطریق تجزیه وتحلیل چند نمونه ایزوتروپیک ترک دار تحت بارگذاری خالص مود اول،خالص مود دوم و مود مرکب مورد بررسی قرار می‌گیرد. دقت محاسبه و همگرایی ضرایب شدت تنش ترک و ترم‌های مراتب بالاتر بسط ویلیامز از مقایسه آن‌ها با نتایج موجود در مقالات ارزیابی می‌شود. همچنین رشد ترک خستگی در نرم افزارهای متلب و آباکوس مدل و نتایج حاصل از آن با هم مقایسه می شوند.

کلید واژگان:

المان محدود توسعه یافته، غنی سازی، روش مجموعه تراز، روش فرا معین، ضرایب شدت تنش،بسط ویلیامز

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱- فصل اول: مقدمه ۱

۱- ۱- مقدمه ۲

۱-۲- مکانیک شکست ۳

۱-۲-۱- عوامل اصلی شکست ۳

۱-۲-۱-۱- استحکام شکست ماده ترک دار ۳

۱-۲-۱-۲- طول ترک ۳

۱-۲-۱-۳- سطح تنش اعمالی ۴

۱-۲-۲- ماهیت ترک ۵

۱-۲-۳- مکانیک شکست ارتجاعی خطی ۶

۱-۲-۴- نگرش تنش – کرنشی به مسئله شکست ۱۰

۱-۲-۵- روش های تعیین میزان رهایی انرژی کرنشی ۱۱

۱-۲-۵-۱- تئوری شکست گریفیث ۱۲

۱-۲-۵-۲- روش انتگرال مستقل از مسیر J ۱۲

۱-۳- خلاصه فصل ۱۴

۲- فصل دوم: روش‌های مدلسازی ترک ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- روش های عددی ۱۶

۲-۲-۱- روش‌های المان محدود ۱۶

۲-۲-۱-۱- روش ریلی ریتز ۱۷

۲-۲-۱-۲- روش گلرکین ۱۸

۲-۲-۱-۳- روش ترک آغشته ۱۹

۲-۲-۲- پیکر بندی واحد ۲۰

۲-۲-۳- روش بدون مش ۲۱

۲-۲-۴- روش المان‌های مرزی ۲۲

۲-۳- روش اجزاء محدود در مکانیک شکست ۲۳
۲-۳-۱- شبیه سازی ترک به وسیله جدا سازی بین المانی ۲۴
۲-۳-۲- مدل سازی ترک به وسیله المان گسسته شده ۲۴
۲-۳-۳- المان‌های غنی شده ۲۵
۲-۴- خلاصه فصل ۲۶
۳- فصل سوم: المان محدود توسعه یافته ۲۷
۳-۱- مقدمه ۲۸
۳-۲- تاریخچه ۲۹
۳-۲-۱- مواد کامپوزیتی ۲۹
۳-۲-۲- تماس اصطکاکی ۳۰
۳-۲-۳- پوسته ها و تغییر فرم های بزرگ ۳۰
۳-۳- پیکربندی واحد ۳۱
۳-۴- غنی سازی ۳۲
۳-۴-۱- غنی سازی داخلی ۳۳
۳-۴-۲- غنی سازی خارجی ۳۴
۳-۵- پیکر بندی روش اجزاء محدود ۳۵
۳-۵-۱- پیکر بندی اجزاء محدود تعمیم یافته ۳۶
۳-۵-۲- پیکربندی اجزاء محدود توسعه یافته ۳۶
۳-۶- غنی ساز روش اجزاء محدود ۳۷
۳-۶-۱- غنی سازی بدون مش (HP-CLOUDS) ۳۷
۳-۶-۲- غنی سازی پیکر بندی واحد تعمیم یافته ۳۷
۳-۶-۳- انتقال و ارتباط تقریب استاندارد به تقریب غنی سازی ۳۸
۳-۷- اجزاء محدود توسعه یافته ۴۰
۳-۷-۱- اصول اجزاء محدود توسعه یافته ۴۰
۳-۷-۲- تابع فاصله علامت ۴۲
۳-۷-۳- مدل سازی میدان های شامل ناپیوستگی قوی ۴۲

۳-۷-۳-۱- بررسی یک مدل ساده ۴۳
۳-۷-۳-۲- تابع هویساید ۴۳
۳-۷-۳-۳- تابع علامت ۴۸
۳-۷-۴- غنی ساز ناحیه پلاستیک ۵۰
۳-۷-۵- نحوه انتخاب گره‌ها جهت غنی سازی ناپیوستگی ۵۱
۳-۷-۶- مدل کردن ترک ۵۴
۳-۸- نحوه گسسته سازی و انتگرال گیری ۵۵
۳-۸-۱- معادلات حاکم ۵۵
۳-۸-۲- نحوه گسسته سازی در روش اجزاء محدود توسعه یافته ۵۷
۳-۹- نحوه پیکربندی المان و محاسبه انتگرال عددی ۶۲
۳-۹-۱- روش انتگرال گیری تربیع گوس ۶۲
۳-۹-۲- المان برش خورده به وسیله‌ی یک ترک ۶۴
۳-۹-۳- المان برش خورده به وسیله ترک متقاطع ۶۵
۳-۱۰- همگرایی ۶۶
۳-۱۱- دلایل استفاده از روش XFEM به جای FEM ۶۷
۳-۱۲-پیاده سازی XFEM در آباکوس ۶۷
۳-۱۲-۱- محدودیت استفاده از XFEM در آباکوس ۶۸
۳-۱۳- خلاصه فصل ۶۹
۴- فصل چهارم: مدل‌سازی رشد ترک ۷۰
۴-۱- مقدمه ۷۱
۴-۲- روش تابع تراز ۷۲
۴-۲-۱- تابع تراز ۷۳
۴-۲-۲- استفاده از تابع تراز برای مدل‌سازی ترک ۷۵
۴-۳- بررسی نحوه اعمال تابع تراز در انتشار ترک سه بعدی ۷۹
۴-۴- خلاصه فصل ۸۱
۵- فصل پنجم: روش فرامعین ۸۲

۵-۱- مقدمه ۸۳
۵-۲- تاریخچه ۸۳
۵-۳- تئوری ۸۴
۵-۴- خلاصه فصل ۸۷
۶- فصل ششم: مدل‌سازی و آنالیز نتایج ۸۸
۶-۱- مقدمه ۸۹
۶-۲- نمونه‌های مدل سازی شده ۹۰
۶-۲-۱-ترک در وسط صفحه تحت نیروی کششی ۹۰
۶-۲-۲-ترک لبه ای زاویه دار در صفحه تحت نیروی کششی ۹۴
۶-۲-۳-ترک زاویه دار در وسط صفحه تحت نیروی کششی ۹۶
۶-۲-۴- ترک در وسط صفحه تحت نیروی برشی ۹۸
۶-۳-بررسی ترم های مراتب بالاتر غیر صفر در بسط ویلیامز ۱۰۰
۶-۴-بحث و نتیجه گیری ۱۰۶
۶-۵-تحلیل خستگی ۱۱۱
۶-۵-۱-رسم نمودار رشد ترک نسبت به طول ترک ۱۱۴
۶-۵-۲-رسم نمودار طول ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری ۱۱۵
۶-۵-۳-رسم نمودار منطقه پلاستیک نوک ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری ۱۱۷
۶-۵-۴-رسم نمودار مسیر رشد ترک ۱۱۸
۶-۵-۵-محاسبه عمر خستگی ۱۲۳
۶-۶- خلاصه فصل ۱۲۵
۷- فصل هفتم: جمع بندی ۱۲۶
۷-۱-مقدمه ۱۲۷
۷-۲-مزایای روش‌های عددی ۱۲۷
۷-۲-۱-روش اجزا محدود ۱۲۷
۷-۲-۲-روش بدون مش ۱۲۸
۷-۲-۳-روش المان مرزی ۱۲۸

۷-۳-معایب روش های عددی در مدلسازی ناپیوستگی ۱۲۸
۷-۳-۱-روش اجزا محدود ۱۲۹
۷-۳-۲-روش بدون مش ۱۲۹
۷-۳-۳-روش المان مرزی ۱۲۹
۷-۴-ویژگی روش اجزا محدود توسعه یافته در مکانیک شکست ۱۳۰
۷-۵-پیشنهادها جهت پژوهش های آتی ۱۳۰
منابع ۱۳۱

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱-۱: ترک تحت بار متمرکز ۴

شکل ۱-۲: الف) شکست ترد، ب) شکست شکل پذیر ۵

شکل ۱-۳: مودهای تغییر شکل ترک ۷

شکل ۱-۴: الف) صفحه ابعاد بینهایت تحت بار کششی دو محوره یکنواخت ، ب) صفحه ابعاد بینهایت تحت بار برشی یکنواخت ۸

شکل ۱-۵: دستگاه مختصات قطبی روی نوک ناچ ۱۰

شکل ۱-۶: ترک و مسیر انتگرال J برای یک ترک مایل نسبت به محورهای مختصات کلی ۱۳

شکل ۲-۱: الگوریتم فرایند بدست آوردن میدان تنش در روش اجزاء محدود ۱۷

شکل ۲-۲: ترک به صورت هندسی وجود خارجی نداشته و اثر آن با تغییر خواص ماده در نقاط انتگرال گیری المان مدل می‌گردد ۲۰

شکل ۲-۳: روش المان محدود (ترک پخش شده یا آغشته) ۲۰

شکل ۲-۴: روش بدون مش ۲۱

شکل ۲-۵: روش المان مرزی ۲۲

شکل ۲-۶: المان‌های تکین ۲۳

شکل ۲-۷: جداسازی بین المانی برای مدل سازی ترک ۲۴

شکل ۲-۸: نحوه گسسته سازی المان جهت مدل سازی ترک ۲۵

شکل ۲-۹: المان‌های غنی شده ۲۶

شکل ۳-۱: مختصات قطبی در نزدیکی نوک ترک ۳۴

شکل ۳-۲: غنی سازی در میدان پیکر بندی واحد ۳۵

شکل ۳-۳: نمایش سطح انتقال بین دامنه تقریب و غنی شده ۳۸

شکل ۳-۴: نمایش المان‌های استاندارد غنی شده و مختلط ۳۹

شکل ۳-۵: تأثیر دامنه کره لبه‌ای و گره داخلی در یک مش بندی دلخواه اجزاء محدود ۴۱

شکل ۳-۶: نمایش تابع علامت بر دامنه ۴۲

شکل ۳-۷: شبیه سازی ترک در یک مسئله یک بعدی با استفاده از توابع شکل اجزاء محدود استاندارد . ۴۳

شکل ۳-۸: نمایش یک المان که به وسیله ترک گسسته شده است. ۴۴
شکل ۳-۹: توصیف یک ناپیوستگی با استفاده از تابع تراز ۴۴
شکل ۳-۱۰: تغییر فرم یک المان چهار ضلعی با استفاده از تابع جهش نوع اول ۴۴
شکل ۳-۱۱: شکل های متفاوت تابع هویساید ۴۵
شکل ۳-۱۲: تاثیر تابع پله بر روی توابع فرمی ۴۵
شکل ۳-۱۳: تاثیر تغییر مکان بر روی توابع فرمی ۴۶
شکل ۳-۱۴: تغییر فرم المان چهارضلعی با استفاده از تابع جهشی ۴۷
شکل ۳-۱۵: تأثیر تابع پله بر روی توابع فرمی ۴۹
شکل ۳-۱۶: تأثیر انتقال بر روی توابع فرمی ۴۹
شکل ۳-۱۷: غنی سازی گره‌ها در مراحل مختلف انتشار ترک ۵۲
شکل ۳-۱۸: غنی سازی گره‌ها در مراحل مختلف انتشار ترک ۵۳
شکل ۳-۱۹: انتخاب گره برای غنی سازی در مراحل مختلف انتشار ترک ۵۳
شکل ۳-۲۰: نمایش مختصات محلی در نوک ترک ۶۹
شکل ۳-۲۱: یک جسم در وضعیت تعادل ۵۶
شکل ۳-۲۲: نمونه مش‌ها ۶۱
شکل ۳-۲۳: نمایش روشهای پیکربندی المان ۶۴
شکل ۳-۲۴: معیار غنی سازی گره ۶۵
شکل ۳-۲۵: ترک متقاطع در یک المان ۶۶
شکل ۳-۲۶: روش گره های خیالی یا فانتوم ۶۸
شکل ۴-۱: ردیابی نقاط نشانه گذاری شده بر روی مرزهای متحرک ۷۱
شکل ۴-۲: نمایش LSM و FMM شامل جبه کلی طرح و تابع تراز به عنوان سطح تقاطع صفحه XY .. ۷۲
شکل ۴-۳: توصیف هندسی تابع تراز ۷۳
شکل ۴-۴: نمایش هندسه ترک مدل شده ۷۵
شکل ۴-۵: توصیف تابع فاصله R و تابع هویساید ۷۶
شکل ۴-۶: نمایش نحوه ی برون یابی بردار تابع تراز ۷۷
شکل ۴-۷: الگوریتم نحوه توزیع تابع تراز ۷۹
شکل ۴-۸: شکل همگرایی خطای مد یک بار گذاری ۸۰

شکل ۴-۹: نمایش موقعیت ترک و نحوه بارگذاری ۸۰
شکل ۴-۱۰: گسسته سازی سطح (A)، جعبه ترک (نمای دید) (B) و گسسته سازی تابع تراز (C) ۸۱
شکل ۴-۱۱: شکل مقایسه نتایج به وسیله حل صورت گرفته توسط راجو و نیومن ۸۱
شکل ۵-۱:موقعیت نوک ناچ ۸۶
شکل ۶-۱: ترک لبه ای و ترک در وسط صفحه ۸۹
شکل ۶-۲: ترک در وسط صفحه تحت نیروی کششی..... ۹۱
شکل ۶-۳: حلقه ۹ ام اطراف نوک ترک ۹۱
شکل ۶-۴: نمودار همگرایی جواب‌ها ۹۳
شکل ۶-۵: ترک لبه ای زاویه دار در صفحه تحت نیروی کششی ۹۴
شکل ۶-۶: حلقه ۵ ام و ۶ ام در اطراف نوک ترک..... ۹۴
شکل ۶-۷: ترک زاویه دار در وسط صفحه تحت نیروی کششی ۹۶
شکل ۶-۸: حلقه ۱۱ ام اطراف نوک ترک ۹۶
شکل ۶-۹: ترک در وسط صفحه تحت نیروی برشی ۹۹
شکل ۶-۱۰: انتخاب نقاط در روش مش لس ۹۹
شکل ۶-۱۱: حلقه ۱۲ ام اطراف نوک ترک ۹۹
شکل ۶-۱۲: ترک لبه ای زاویه دار تحت نیروی کششی ۱۰۱
شکل ۶-۱۳: حلقه ۹ ام اطراف نوک ترک ۱۰۱
شکل ۶-۱۴: صفحه با ترک لبه ای تحت برش خالص ۱۰۲
شکل ۶-۱۵: حلقه ۱۳ ام اطراف نوک ترک ۱۰۲
شکل ۶-۱۶: حلقه ۱۵ ام اطراف نوک ترک ۱۰۳
شکل ۶-۱۷: حلقه ۱۲ ام اطراف نوک ترک ۱۰۴
شکل ۶-۱۸: همگرایی ضرایب بسط ویلیامز در مود اول در مقابل تعداد ترم‌های به کار رفته در بسط جابجایی ۱۰۷
شکل ۶-۱۹: همگرایی ضرایب بسط ویلیامز در مود دوم در مقابل تعداد ترم‌های به کار رفته در بسط جابجایی ۱۰۷
شکل ۶-۲۰: همگرایی ضرایب بسط ویلیامز در مود اول در مقابل تعداد نقاط به کار گرفته شده در اطراف نوک ترک ۱۰۸

شکل ۶-۲۱: همگرایی ضرایب بسط ویلیامز در مود دوم در مقابل تعداد نقاط به کار گرفته شده در اطراف نوک ترک ۱۰۹
شکل ۶-۲۲: همگرایی ضرایب بسط ویلیامز در مود اول در مقابل افزایش تعداد حلقه‌های اطراف نوک ترک ۱۱۰
شکل ۶-۲۳: همگرایی ضرایب بسط ویلیامز در مود دوم در مقابل افزایش تعداد حلقه‌های اطراف نوک ترک ۱۱۰
شکل ۶-۲۴: ورق تحت تنش نوسانی ۱۱۱
شکل ۶-۲۵: نحوه گسترش ترک ۱۱۳
شکل ۶-۲۶: نمودار نرخ رشد ترک نسبت به طول ترک به ازای تعداد سیکلی که طول ترک به طول ترک بحرانی برسد ۱۱۴
شکل ۶-۲۷: نمودار نرخ رشد ترک نسبت به طول ترک به ازای ۱۰۰۰۰۰ سیکل ۱۱۵
شکل ۶-۲۸: نمودار طول ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری ۱۱۶
شکل ۶-۲۹: نمودار طول ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری (به ازای ۱۰۰۰۰۰ سیکل) ۱۱۶
شکل ۶-۳۰: نمودار منطقه پلاستیک نوک ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری ۱۱۷
شکل ۶-۳۱: نمودار منطقه پلاستیک نوک ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری (به ازای ۱۰۰۰۰۰ سیکل) ۱۱۸
شکل ۶-۳۲: مسیر رشد ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری ۱۱۹
شکل ۶-۳۳: مسیر رشد ترک نسبت به تعداد سیکل بارگذاری (به ازای ۱۰۰۰۰۰ سیکل) ۱۱۹
شکل ۶-۳۴: طول اولیه ترک ۱۲۰
شکل ۶-۳۵: رشد ترک به ازای $\lambda = -2$ ۱۲۱
شکل ۶-۳۶: رشد ترک به ازای $\lambda = -1$ ۱۲۱
شکل ۶-۳۷: رشد ترک به ازای $\lambda = 0$ ۱۲۲
شکل ۶-۳۸: رشد ترک به ازای $\lambda = 1$ ۱۲۲
شکل ۶-۳۹: روند نمای حل مساله در نرم افزار متلب ۱۲۴

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول ۶-۱: مقادیر $kI/\sigma\sqrt{\pi a}$ ۹۲

جدول ۶-۲: مقادیر T/σ ۹۲

جدول ۶-۳: مقادیر نرمال ضرایب شدت تنش برای حالت $h/w = ۱$ ۹۵

جدول ۶-۴: مقادیر نرمال تنش T برای حالت $h/w = ۱$ ۹۵

جدول ۶-۵: مقادیر $k_I/\sigma\sqrt{\pi a}$ برای حالت $h/w = ۱$ ۹۷

جدول ۶-۶: $k_{II}/\sigma\sqrt{\pi a}$ برای حالت $h/w = ۱$ ۹۷

جدول ۶-۷: مقادیر نرمال تنش T برای حالت $h/w = ۱$ ۹۸

جدول ۶-۸: مقادیر ضرایب شدت تنش ۱۰۰

جدول ۶-۹: مقادیر بسط ویلیامز در حالت $\gamma = ۰$ ۱۰۱

جدول ۶-۱۰: مقادیر بسط ویلیامز در حالت $\gamma = ۰$ ۱۰۳

جدول ۶-۱۱: مقادیر بسط ویلیامز در حالت $\gamma = ۰$ و $\beta = ۱۵$ ۱۰۴

جدول ۶-۱۲: مقادیر بسط ویلیامز در حالت $\gamma = ۰$ و $\beta = ۳۰$ ۱۰۵

جدول ۶-۱۳: طول عمر قطعه به ازای λ های متفاوت ۱۲۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

پژوهشگران مسائل و پدیده های فیزیکی در طبیعت را در محیط آزمایشگاهی مدل سازی می‌کنند و پس از آن به مدل سازی ریاضی پدیده‌های فیزیکی روی می‌آورند تا با شناخت دقیق تر پدیده‌های فیزیکی و ایجاد فرمول بندی برای رفتار آنها بتوانند شرایط و اثرات سایر رخدادهای فیزیکی را پیش بینی نمایند. در مدل سازی‌های ریاضی با توجه به اینکه مدل سازی شرایط مرزی و هندسه‌های پیچیده به وسیله روش‌های تحلیلی، موضوعی دشوار و در بعضی از موارد غیر ممکن می‌باشد، به مدل سازی پدیده‌ها با کمک وسایل محاسباتی مانند رایانه روی آوردند و به دنبال آن روش‌های مختلف تحلیل مسائل به صورت عددی به وجود آمد. هرکدام از روش‌های به وجود آمده بخشی از نیاز محققین و مهندسین را در تحلیل‌ها بر طرف می‌کند. این روش‌ها به مرور زمان در حال تکامل می‌باشند، همچنین باید به این نکته توجه نمود که روش-های عددی نیز پیچیدگی‌های خاص خود را دارا می‌باشند که باید با پیش بینی صحیح نسبت به رفتار فیزیکی و انتخاب روش درست تحلیل، مسئله را مورد بررسی قرار داد.

ترک[۱] در یک قطعه می‌تواند باعث کاهش باربری و استحکام شود. برای مطالعه این موضوع باید عوامل ایجاد ترک و چگونگی تأثیر آن در استحکام مواد به خوبی شناخته شود تا بتوان با پیش بینی صحیح و دقیق وضعیت قطعه یا سازه ترک دار تحت بارگذاری‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار داد.

بررسی ترک در یک قطعه و نحوه رشد ترک در آن توسط محققینی انجام می‌شود که در حوزه مکانیک شکست[۲] فعالیت می‌کنند. لذا در این پایان نامه ابتدا به بررسی مکانیک شکست و سپس به معرفی اجزاءی محدود[۳] و روش های عددی پرداخته می‌شود. در ادامه با معرفی انواع روش‌های عددی کاربردی در تحلیل ترک به بررسی دقیق تر روش اجزاء محدود توسعه یافته می‌پردازیم.

---

۱ .Crack

۲ .Fracture mechanic

۳. Finite element