دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه ی کارشناسی ارشد

رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

بررسی خستگی و رشد ترک روی جداره‌ی سرباره‌کش‌های مجتمع مس سرچشمه

استاد راهنما:

دکتر فرهاد شیخ سامانی

استاد مشاور:

دکتر مسعود رضایی زاده

دانشجو:

محمدرضا رجبی رضا آبادی

شهریورماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه ی کارشناسی ارشد

رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

بررسی خستگی و رشد ترک روی جداره‌ی سرباره‌کش‌های مجتمع مس سرچشمه

استاد راهنما:

دکتر فرهاد شیخ سامانی

استاد مشاور:

دکتر مسعود رضایی زاده

دانشجو:

محمدرضا رجبی رضا آبادی

شهریورماه ۱۳۹۲

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک

رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

آقای محمدرضا رجبی رضا آبادی با عنوان

بررسی خستگی و رشد ترک روی جداره‌ی سرباره کش‌های مجتمع مس سرچشمه

در تاریخ ..... توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ..... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر فرهاد شیخ سامانی با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۲- استاد مشاور پایان‌نامه دکتر مسعود رضایی زاده با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور داخل گروه دکتر امضاء

۴- استاد داور داخل گروه دکتر امضاء

۵- نماینده ی تحصیلات تکمیلی دکتر امضاء

تمامی حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های حاصل از پژوهش موضوع این پایان‌نامه، متعلق به مجتمع مس سرچشمه و دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان است.

چکیده

دستگاه های سرباره کش با توجه به کاربرد گسترده شان در سراسر جهان، یکی از مهمترین دستگاه ها در کارخانه های با ظرفیت بالا که سرباره تولید می کنند، می باشند. طراحی سرباره کش بر اساس پارامترهایی همانند وزن سرباره و شرایط کاری صورت می گیرد. طراحی فشرده و کوچک سربارکش باعث شده تا قابلیت مانور دستگاه افزایش پیدا کند ولی حساسیت آن نیز در برابر خستگی افزایش پیدا کرده است. بعضی از نقاط بحرانی شاسی سرباره کش بیشتر در معرض ترک های خستگی قرار می گیرد. در این تحقیق رشد ترک خستگی سرباره کش تحت مود اول و به صورت خستگی با سیکل زیاد به صورت تئوری و با استفاده از نرم افزار فرنک مورد بررسی قرار می گیرد. قسمت مورد تحلیل رشد ترک، یکی از پره های داخلی کمان شاسی می باشد. طول بحرانی محاسبه شده و بهینه سازی در نقاط بحرانی سرباره کش انجام می شود.

کلمات کلیدی: بهینه سازی، ترک ، خستگی، سرباره کش

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و پیشینه ی پژوهش	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- آنالیز تنش	۲
۱-۲-۱- تحلیل استاتیکی	۳
۱-۳- انواع شکست و از کار افتادگی قطعات	۳
۱-۳-۱- خستگی و شکست	۴
۱-۴- بررسی رشد ترک تحت بارگذاری خستگی	۵
۱-۵- پیشینه ی پژوهش	۵
فصل دوم: مقدمه ای بر شکست	۷
۲-۱- مقدمه	۸
۲-۲- انواع شکست و از کار افتادگی قطعات	۸
۲-۳- خستگی و شکست	۹
۲-۳-۱- خستگی با سیکل کم	۹

۲-۳-۲- خستگی با سیکل زیاد ۱۰

۲-۴- شروع و اشاعه ی ترک خستگی ۱۱

۲-۵- شروع ترک ۱۲

۲-۶- روش های جلوگیری از شروع ترک ۱۳

۲-۷- بررسی مقاومت خستگی قبل از ایجاد ترک ۱۵

۲-۸- بررسی مقاومت خستگی پس از ایجاد ترک ۱۶

۲-۹- بررسی مکانیک شکست با توجه به خواص الاستیک ماده..... ۱۷

۲-۱۰- بررسی مکانیک شکست با توجه به خواص پلاستیک ماده ۱۸

۲-۱۱- بررسی رشد ترک تحت بارگذاری خستگی ۲۰

۲-۱۲- تعداد سیکل کارکرد در طی یک محدوده از رشد ترک..... ۲۶

۲-۱۳- شوک حرارتی ۲۶

۲-۱۴- روش های عملی برای افزایش عمر قطعات ترک خورده ۲۷

۲-۱۵- عواملی که پدیده ی خستگی سرباره کش را تشدید می کنند ۳۰

۲-۱۶- عیوبی از پاتیل که از تخلیه ی مناسب آن جلوگیری می کند ۳۰

۲-۱۷- مدل های جدید سرباره کش ۳۲

فصل سوم: معرفی موضوع عملی مورد بحث ۳۳

۳-۱- مقدمه ۳۴

۳-۲- شرایط کاری دستگاه سرباره کش..... ۳۴

۳-۳- برنامه ی کاری سرباره کش..... ۴۱

۳-۴- عملکرد سرباره کش ۴۲

۳-۵- عوامل تشدید کننده ی خستگی در سرباره کش ۴۳

۳-۶- جنس سرباره کش ۴۴

۳-۷- مشخصات طراحی، جابجایی و نگهداری سرباره کش ۴۷

۳-۸- مشخصات طراحی، جابجایی و نگهداری پاتیل سرباره ۴۷

۳-۹- محل های بحرانی تنش ۴۸

فصل چهارم: مدلسازی و آنالیز تنش ۵۰

۴-۱- مقدمه ۵۱

۴-۲- تعیین مود مورد تحلیل برای شکست ۵۱

۴-۳- بررسی حالت های مختلف بارگذاری دستگاه سرباره کش ۵۱

۴-۴- حالت اول: عملکرد دستگاه بدون پاتیل ۵۲

۴-۵- حالت دوم: عملکرد دستگاه با پاتیل خالی ۵۲

۴-۶- حالت سوم: عملکرد دستگاه با پاتیل حاوی سرباره ۵۳

۴-۷- حالت چهارم: دستگاه در حال خالی کردن سرباره ۵۳

۴-۸- بررسی حالت سوم ۵۴

۴-۹- بررسی حالت چهارم ۶۱

۱-۴-۹- محاسبه مرکز جرم پاتیل..... ۶۲

۴-۱۰- بررسی حالت پنجم..... ۷۰

فصل پنجم: آنالیز خستگی..... ۷۲

۵-۱- مقدمه..... ۷۳

۵-۲- بارگذاری ۷۴

۵-۳- خواص ماده ۷۵

۵-۴- رشد ترک خستگی ۷۵

۵-۵- به دست آوردن طول بحرانی ترک در قسمت داخلی کمان شاسی ۷۵

۵-۶- طول بحرانی ترک در اثر مولفه های تنش اصلی ۷۶

۵-۷- طول بحرانی ترک در قسمت خارجی کمان شاسی ۷۸

۵-۸- طول بحرانی ترک در اثر مولفه های تنش اصلی..... ۷۹

۵-۱۰- کانتور آسیب و عمر ۷۹

فصل ششم: آنالیز رشد ترک..... ۸۳

۶-۱- مقدمه ۸۴

۶-۲- محاسبه نیروهای وارد بر پره ۸۴

۶-۳- نیروهای وارد بر پره در حالت بارگذاری سوم ۸۵

۶-۴- نیروهای وارد بر پره در حالت بارگذاری چهارم ۸۵

۶-۵- مدل سازی و مش بندی در نرم افزار CASCA ۸۶

۶-۶- محاسبه عمر رشد ترک ۹۰

۶-۷- محاسبه اندازه ترک اولیه ۹۱

۶-۸- محاسبه ی تعداد سیکل کارکرد با استفاده از روابط تئوری..... ۹۴

۶-۹- محاسبه ی تعداد سیکل کارکرد بزرگترین ترک موجود تا طول بحرانی..... ۹۵

فصل هفتم: بهینه سازی ۹۶

۷-۱- مقدمه ۹۷

۷-۲- بهینه سازی نقاط بحرانی ۹۷

۷-۳- محاسبه ی کانتور آسیب و عمر در حالت بهینه ۹۹

فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۰۱

۸-۱- نتیجه گیری ۱۰۲

منابع و مراجع ۱۰۳

فهرست تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- مراحل مختلف رشد ترک **۱۱**

شکل ۲-۲- باندهای لغزش **۱۲**

شکل ۲-۳- عمر کلی قطعه‌ی ترک خورده **۱۳**

شکل ۲-۴- ضریب تمرکز تنش..... **۱۴**

شکل ۲-۵- مودهای مختلف رشد ترک..... **۱۶**

شکل ۲-۶- ناحیه‌ی پلاستیک در نوک ترک..... **۱۷**

شکل ۳-۷- انتگرال J..... **۱۸**

شکل ۲-۸- مثلث مکانیک شکست..... **۱۹**

شکل ۲-۹- چهارضلعی رشد ترک..... **۲۱**

شکل ۲-۱۰- نواحی رشد ترک..... **۲۲**

شکل ۲-۱۱- افزایش شدت تنش..... **۲۳**

شکل ۲-۱۲- روش های جلوگیری از رشد ترک..... ۲۸

شکل ۲-۱۳- روش های جلوگیری از رشد ترک در سازه های جدار نازک..... ۲۸

شکل ۲-۱۴- سوراخکاری برای جلوگیری از رشد ترک..... ۲۹

شکل ۲-۱۵- جوشکاری حد فاصل بین سوراخ ها برای جلوگیری از رشد ترک..... ۲۹

شکل ۲-۱۶- مدلهای جدید سرباره کش..... ۳۲

شکل ۳-۱- برداشتن پاتیل پر از تونل بارگیری..... ۳۶

شکل ۳-۲- قرار گرفتن سرباره کش در محل تخلیه ی بار ۳۶

شکل ۳-۳- خالی کردن سرباره ی مذاب..... ۳۷

شکل ۳-۴- خالی نشدن سرباره ی جامد (ته پاتیل) ۳۷

شکل ۳-۵- رفتن سرباره کش به محل تخلیه ی ته پاتیل..... ۳۸

شکل ۳-۶- تخلیه ی ته پاتیل..... ۳۸

شکل ۳-۷- برگشتن به تونل بارگیری..... ۳۹

شکل ۳-۸- برگشتن به تونل بارگیری..... ۳۹

شکل ۳-۹- جابجا کردن چند پاتیل پر و خالی..... ۴۰

شکل ۳-۱۰- نقشه ی قسمت های مختلف اکسل سرباره کش..... ۴۵

شکل ۳-۱۱- نقاطی از سرباره کش که دچار ترک شده اند..... ۴۹

شکل ۴-۱- عملکرد دستگاه بدون پاتیل ۵۲
شکل ۴-۲- عملکرد دستگاه با پاتیل خالی ۵۳
شکل ۴-۳- دستگاه در حال خالی کردن سرباره ۵۴
شکل ۴-۴- ممان خمشی وارد بر لوله ۵۴
شکل ۴-۵- دیاگرام آزاد جسم ۵۵
شکل ۴-۶- تنش های فون میسز قسمت داخلی کمان ۵۶
شکل ۴-۷- تنش های فون میسز قسمت خارجی کمان ۵۶
شکل ۴-۸- تنش اصلی اول ۵۷
شکل ۴-۹- تنش اصلی اول ۵۸
شکل ۴-۱۰- نمایش برداری تنش اصلی اول ۵۸
شکل ۴-۱۱- تنش اصلی دوم ۵۹
شکل ۴-۱۲- تنش اصلی دوم ۵۹
شکل ۴-۱۳- نمایش برداری تنش اصلی دوم ۶۰
شکل ۴-۱۴- تنش اصلی سوم ۶۰
شکل ۴-۱۵- تنش اصلی سوم ۶۱
شکل ۴-۱۶- نمایش برداری تنش اصلی سوم ۶۱

شکل ۴-۱۷- اعمال نیرو و گشتاور توسط پاتیل به شاسی..... ۶۲
شکل ۴-۱۸- ابعاد هندسی پاتیل..... ۶۲
شکل ۴-۱۹- تقسیم پاتیل به دو قسمت متمایز برای محاسبه ی مرکز حجم پاتیل..... ۶۳
شکل ۴-۲۰- دیاگرام آزاد شاسی سرباره کش..... ۶۴
شکل ۴-۲۱- تنش های فون میسز قسمت داخلی کمان..... ۶۵
شکل ۴-۲۲- تنش های فون میسز قسمت خارجی کمان..... ۶۵
شکل ۴-۲۳- تنش اصلی اول..... ۶۶
شکل ۴-۲۴- تنش اصلی اول..... ۶۶
شکل ۴-۲۵- نمایش برداری تنش اصلی اول..... ۶۷
شکل ۴-۲۶- تنش اصلی دوم..... ۶۷
شکل ۴-۲۷- تنش اصلی دوم..... ۶۷
شکل ۴-۲۸- نمایش برداری تنش اصلی دوم..... ۶۸
شکل ۴-۲۹- تنش اصلی سوم..... ۶۸
شکل ۴-۳۰- تنش اصلی سوم..... ۶۹
شکل ۴-۳۱- نمایش برداری تنش اصلی سوم..... ۶۹
شکل ۴-۳۲- نیروی افقی وارد بر پاتیل..... ۷۰

شکل ۴-۳۳- دیاگرام آزاد شاسی..... ۷۱

شکل ۵-۱- انواع مختلف بارگذاری..... ۷۴

شکل ۵-۲- ناحیه ی بحرانی قسمت داخلی کمان..... ۷۵

شکل ۵-۳- تنش ها در نواحی اطراف پره..... ۷۷

شکل ۵-۴- تنش ها در اطراف ترک..... ۷۸

شکل ۵-۵- ناحیه ی بحرانی قسمت خارجی کمان شاسی..... ۷۸

شکل ۵-۶- کانتور آسیب برای سطح داخلی کمان..... ۸۰

شکل ۵-۷- کانتور آسیب برای سطح خارجی کمان..... ۸۱

شکل ۵-۸- کانتور عمر برای سطح خارجی کمان..... ۸۱

شکل ۵-۹- کانتور آسیب برای سطح داخلی کمان..... ۸۲

شکل ۶-۱- یک پره در قسمت داخلی کمان شاسی ۸۴

شکل ۶-۲- تکیه گاه و نیروهای وارد بر پره در حالت سوم بارگذاری..... ۸۵

شکل ۶-۳- تکیه گاه و نیروهای وارد بر پره در حالت چهارم بارگذاری..... ۸۶

شکل ۶-۴- مدلسازی پره در نرم‌افزار CASCA..... ۸۷

شکل ۶-۵- تقسیم بندی مدل به دو زیر ناحیه..... ۸۸

شکل ۶-۶- مش بندی زیر ناحیه ها..... ۸۹

شکل ۶-۷- تعیین تکیه گاه و بارگذاری ۹۰

شکل ۶-۸- پیشروی ترک در قسمتی از مدل مش بندی شده ۹۳

شکل ۶-۹- منحنی عمر رشد ترک ۹۳

شکل ۷-۱- تنش های ون مایز در پره های بهینه نشده ۹۸

شکل ۷-۲- نتایج بهینه سازی برای تنش های ون مایز در پره های متصل کننده ی کمان به شاسی ۹۸

شکل ۷-۳- کانتور آسیب برای سطح داخلی کمان ۹۹

شکل ۷-۴- کانتور آسیب برای سطح داخلی کمان ۱۰۰

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ برنامه ارسال دستگاه های سرباره کش به ذوب..... ۴۱

جدول ۳-۲ نتایج آنالیز جنس قسمت های مختلف اکسل سرباره کش..... ۴۵

جدول ۳-۳ خواص مکانیکی مواد استفاده شده در سرباره کش..... ۴۶

جدول ۳-۴ خواص مکانیکی Weldox ۷۰۰..... ۴۶

جدول ۷-۱ افزایش تنش ها با افزایش شعاع پره..... ۹۷

فصل اول

مقدمه و پیشینه‌ی پژوهش

۱-۱ مقدمه

مهمترین نوع شکست در مهندسی خستگی می باشد. گسیختگی ها و شکست های مکانیکی تاکنون زیان های مالی و جانی بی شماری برجای گذاشته است. مراجع متعددی تخمین زده اند که بین ۸۵ تا ۹۰ درصد از تمام شکست ها بر اثر خستگی به وجود می آیند(فرهی، ۱۳۷۶). در طراحی خستگی روش های متعددی وجود دارد. یک آنالیز کامل می تواند بسیار ساده و کم هزینه بوده یا بسیار مبهم، پیچیده و پرهزینه باشند. همچنین آنالیز ذکر شده می تواند در مراحل اولیه بسیار پرهزینه باشد اما در دراز مدت ارزان ترین محسوب گردد. بدین ترتیب در طراحی خستگی مهمترین سوال این است که آنالیز باید تا چه حد کامل باشد.

۱-۲ آنالیز تنش

برای حل هر مسئله ی مکانیک شکست محاسبات مربوط به تنش اولین مرحله است. تنش هایی که بر اثر بارگذاری ها در جسم به وجود می آیند باید محاسبه شوند. این مرحله در نتایج مسائل خستگی بسیار موثر بوده و قسمت مهم این پایان نامه می باشد. روشی که در این تحقیق برای محاسبه تنش ها در نظر گرفته شده است، استفاده از نرم افزارهای المان محدود سالید-ورکس[۱] و آباکوس[۲] است.

برای مسائل مکانیک شکست، تحلیل تنش را به دو صورت تحلیل تنش استاتیکی و تحلیل تنش دینامیکی می توان انجام داد. در صورتی که نرخ کرنش بالا باشد (زمان اعمال بار کوتاه باشد)

[۱] SolidWorks
[۲] Abaqus