بسم اللہ الرحمن الرحیم

تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌هایِ ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به**دانشگاه محقق اردبیلی**می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب **وحید گلشن**دانش‌آموخته‌یمقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی **مکانیک** گرایش **ساخت و تولید** دانشکده‌ی**فنی مهندسی** دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی**۹۰۴۴۶۵۳۱۱۰** که در تاریخ **۹۲/۴/۱۵**از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان**تاثیر ممان های دینامیکی در بررسی تغییرشکل‌های پیش‌رونده لوله های زانویی تحت فشار از جنس فولاد ضد زنگ**دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
۲) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه و با رعایت اصل امانت‌داری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

نام و نام خانوادگی دانشجو: **وحید گلشن**

امضا

تاریخ

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - ساخت و تولید

عنوان

تاثیر ممانهای دینامیکی در بررسی تغییر شکل‌های پیش رونده لوله‌های زانویی تحت فشار از جنس فولاد ضدزنگ

استادراهنما

دکترسید جاوید زکوی

استاد مشاور

پژوهشگر

وحید گلشن

تابستان ۹۲

دانشکده‌ی فنی مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

عنوان:

تاثیر ممانهای دینامیکی در بررسی تغییر شکلهای پیشرونده لوله‌های زانویی تحت فشار از جنس فولاد ضدزنگ

پژوهشگر:

وحید گلشن

ارزیابی وتصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه بادرجه‌ی .....

نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی علمی	سمت	امضاء
دکتر سید جاوید زکوی	استادیار	استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران	
-	-	استاد مشاور	-
دکتر ابراهیم عبدی‌اقدم دکتر بهروز میرزائی	استادیار دانشیار	داور	

تابستان ۹۲

تقدیم به

پدر و مادر مهربان و عزیزم که با نهایت عشق و مهربانی زمینه های رشد و تعالی مرا فراهم نموده اند

سپاس و قدردانی فراوان از همراهی و راهنمایی های ارزنده استاد بزرگوارم

جناب آقای دکتر سید جاوید زکوی

نام خانوادگی:گلشن **نام:** وحید

عنوان پایان‌نامه: تاثیر ممان‌های دینامیکی در بررسی تغییر شکل‌های پیش‌رونده لوله‌های زانویی تحت فشار از جنس فولاد ضدزنگ

استاد راهنما:دکتر سید جاوید زکوی

استاد مشاور: -

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی مکانیک **گرایش:**ساخت وتولید **دانشگاه:** محقق اردبیلی

دانشکده: فنی مهندسی **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** ۱۳۹۲/۴/۱۵ **تعداد صفحه:**۹۵

کلید واژه‌ها: کرنش‌های پیش‌رونده، مدل سخت شوندگی، ممان دینامیکی، لوله زانویی، فولاد ضدزنگ

چکیده:

اساس این طرح، مطالعه و بررسی پدیده تغییرشکل های پیش رونده در لوله های زانویی تحت فشار از جنس فولاد Stainless steel-304Lمورد استفاده در نیروگاه ها، تاسیسات شیمیایی، صنایع پتروشیمی و ... می باشد. این پدیده بر اساس انتخاب مدل سخت شوندگی سینماتیکی غیرخطی و در حضور ممان های تناوبی مشابه اثرات زلزله مورد بررسی قرار گرفته است. ضرایب مدل سختی و داده های تنش- کرنش با استفاده از سیکل های پایدار شده نمونه های تحت آزمون کرنش متقارن به دست آمده و تحلیل عددی با استفاده از کد کامپیوتری ABAQUS انجام گرفته است. مقایسه نتایج به دست آمده از این طرح با نتایج تجربی موجود در ادبیات فن، پیش بینی تغییرشکل های پیش رونده محیطی می باشد. نتایج در دو حالت تجربی و عددی نشان می دهد که با افزایش میزان بارگذاری ها نرخ تغییرشکلهای پیشرونده افزایش مییابد. با افزایش تنش میانگین و بالا رفتن دامنه تنش، میزان کرنش های پیش رونده بیشتر می شود. در ابتدای بارگذاری ها نرخ کرنش های پیش رونده بیشتر بوده و با افزایش تعداد سیکل ها نرخ کرنش های پیش رونده کاهش مییابد. به صورتی که طبق نتایج بدست آمده حداکثر میزان کرنشهای پیش رونده در قسمت پهلویی زانویی مشاهده شده است. نرخ تغییرشکل های پیش رونده پیش بینی شده توسط روش عددی در محدوده ممان های دینامیکی $M / M_l \leq 1$ ، توافق خوب و قابل توجهی را با نتایج تجربی نشان می دهد، ولی در نسبت ممان های دینامیکی بالا نتایج بدست آمده از روش عددی فرا تخمین می باشد. در بررسی پدیده تغییر شکلهای پیشرونده به علت عدم وجود تنشهای حرارتی، اثرات خزش مورد نظر نمی باشد.

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب **صفحه**

فصل اول: مفاهیم اساسی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ محدوده الاستیک، پلاستیک، شیک دان و کرنش‌های پیش‌رونده ۲

۱-۳کرنش‌های پیش‌رونده ۵

۱-۳-۱کرنش‌های پیش‌رونده حرارتی ۵

۱-۳-۲کرنش‌های پیش‌رونده مکانیکی ۷

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ مروری بر مطالعات گذشته ۹

۲-۲-۱ بررسی های تسنیم و همکارانش ۹

۲-۲-۲بررسی‌های زیگر ۱۱

۲-۲-۳بررسی‌های حسن باری ۱۱

۲-۲-۴بررسی‌های مورتن ۱۲

۲-۲-۵بررسی‌های یوشیدا ۱۳

۲-۲-۶بررسی‌های چن و همکارانش ۱۳

۲-۲-۷بررسی‌های جیائو ۱۴

۲-۲-۸بررسی های کنگ ۱۵

۲-۲-۹بررسی‌های لوباردو و همکارنش ۱۶
۲-۲-۱۰بررسی‌های چانگ ۱۷
۲-۲-۱۱بررسی‌های نایبی ۱۹

فصل سوم: قوانین سختی

۳-۱ معادلات ارتجاعی ۲۰
۳-۲توابع انرژی ارتجاعی کرنش ۲۲
۳-۳معیارهای تسلیم جسم ۲۳
۳-۳-۱ حداکثر تنش عمودی (رانگین) ۲۴
۳-۳-۲حداکثر کرنش عمودی (سن ونان) ۲۵
۳-۳-۳ نظریه حداکثر تنش برشی (ترسکا)..... ۲۶
۳-۳-۴ نظریه حداکثر انرژی کرنشی ۲۸
۳-۳-۵معیار ماکزیمم انرژی واپیچش ون میسز ۲۹
۳-۴مفاهیم عمومی پلاستیسیته ۳۱
۳-۵معادلات تنش-کرنش پلاستیک..... ۳۲
۳-۶ اندازه کرنش پلاستیک..... ۳۵
۳-۷نظریه‌های سخت شوندگی ۳۵
۳-۷-۱ نظریه سخت شوندگی ایزوتروپیک ۳۶
۳-۷-۲ نظریه سخت شوندگی سینماتیک ۳۸
۳-۷-۳نظریه سخت شوندگی ترکیبی ایزوتروپیک و سینماتیک غیرخطی..... ۴۰
۳-۸مدلهای پلاستیسیته معکوس شونده..... ۴۱
۳-۸-۱مدل پراگر..... ۴۱
۳-۸-۲آرمسترانگ-فردریک..... ۴۲

۳-۸-۳ مدل دراگر ۴۲
۳-۸-۴مدل دافلایس و پوپوف ۴۴
۳-۸-۵ مدل تسینق لی ۴۵
۳-۸-۶مدل شاباشی ۴۶
۳-۸-۷مدلیوشیدا ۴۷
۳-۸-۸مدل چان ۴۸

فصل چهارم: مواد و روش آزمون

۴-۱ مقدمه ۴۹
۴-۲ بیان آزمایش تجربی ۵۱
۴-۳آزمون سیکلیک برای ایجاد سیکل های پایدار ۵۸
۴-۴ فشار طراحی ۵۹
۴-۵ممانهای دینامیکی ۶۰
۴-۶تجزیه و تحلیل عددی ۶۱
۴-۷آنالیز خطی و غیرخطی در المان محدود ۶۲
۴-۸نرم افزارهای المان محدود ۶۳
۴-۹ معرفی نرم افزار آباکوس ۶۳
۴-۱۰مدلسازی نمونههای آزمایش و نحوه انجام کار با آباکوس ۶۵
۴-۱۱ المان مورد استفاده در تحلیل مدل ۶۷
۴-۱۲بدست آوردن ضرایب سخت شوندگی نمونه های تست شونده ۶۷
۴-۱۳ روشهای بدست آوردن پارامترهای سخت شوندگی ماده ۶۸
۴-۱۳-۱ روش نیم سیکل پایدار ۶۸

۴-۱۳-۲استفاده از یک سیکل پایدار ۶۸
۴-۱۳-۳استفاده از چندین سیکل پایدار، آزمون یک بعدی کشش و فشار..... ۷۰
۴-۱۴ تعیین ضرایب ماده با استفاده از روش سیکل پایدار..... ۷۱

فصل پنجم: نتیجه گیری و بحث در نتایج

۵-۱بررسی نتایج تجربی و عددی ۷۷
۵-۲ پیشنهادات ۸۳
منابع و مآخذ..... ۹۴

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول صفحه

جدول ۴-۱ ابعاد زانویی‌های تست شونده ۵۱

جدول ۴-۲ حداقل و حداکثر تنش تسلیم و نهایی برای فولاد ضد زنگ ۵۴

جدول ۴-۳ تنش نهایی و تنش حد الاستیک میانگین..... ۵۵

جدول ۴-۴ جزئیات شرایط بارگذاری در تستهای تجربی ۵۵

جدول ۵-۱داده‌ها و نتایج حاصل از نمونه‌های تست شونده SLSI..... ۸۰

جدول ۵-۲داده‌ها و نتایج حاصل از نمونه‌های تست شونده SLXI ۸۱

جدول ۵-۳داده‌ها و نتایج حاصل از نمونه‌های تست شونده SSSI ۸۲

جدول ۵-۴ داده‌ها و نتایج حاصل از نمونه‌های تست شونده SSXI..... ۸۳

جدول ۵-۵ نسبت $\frac{M}{M_l}$ لازم برای شروع کرنش‌های پیش‌رونده محیطی ۸۸

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل **صفحه**

شکل۱- ۱- کرنش‌های پیش‌رونده در N سیکل ۳

شکل۱- ۲- پدیده شیک‌دان ۳

شکل۱- ۳- مرز بین رفتار الاستیک شیک‌دان، پلاستیک شیک‌دان، و رچیتینگ ۴

شکل۱- ۴- دیاگرام Bree ۶

شکل۲- ۱- نحوه انجام تست های تجربی در آزمایشات چانگ ۱۸

شکل۳-۱-نظریه حداکثر تنش عمودی ۲۵

شکل۳-۲- تئوری حداکثر کرنش اصلی ۲۶

شکل۳-۳- سطح تسلیم در تئوری ترسکا ۲۷

شکل۳-۴-نظریه حداکثر انرژی کرنشی ۲۹

شکل۳-۵- سطح تسلیم در تئوری ون میسز ۳۰

شکل۳-۶- جریان پلاستیک مواد ۳۲

شکل۳-۷- سختی ایزوترپیک:ارزیابی در فضای تنش در اثر کشش و فشار ۳۸

شکل۳-۸- سختی سینماتیک: ارزیابی در فضای تنش در اثر کشش و فشار ۴۰

شکل۳- ۹- سخت شوندگی پراگر در فضای تنش ۴۲

شکل۳- ۱۰- نمونه‌ای از پیش بینی نتایج تجربی توسط مدل دراگر ۴۳

شکل۳- ۱۱- نمونه‌ای از پیش بینی نتایج تجربی توسط مدل دافلایس ۴۵

شکل۳- ۱۲- انتخاب سطح تسلیم شونده در مدل لی ۴۶

شکل۴- ۱- انجام تست تجربی بر روی زانویی ۵۰
شکل۴- ۲- هندسه زانویی تست شونده و محل نصب اکستنسیومترها..... ۵۱
شکل۴- ۳- محل نصب اکستنسیومتر بر روی زانویی های تست شونده..... ۵۳
شکل۴- ۴- نمونه‌ای از نتایج بدست آمده از تست کشش ساده ۵۴
شکل۴- ۵- نمونه‌های کشش با درجات سختی متغییر جهت رسیدن به خواص مکانیکی ۵۶
شکل۴-۶- نمودار تنش کرنش (نمونه به‌دست آمده منطبق بر نتایج تجربی) ۵۷
شکل۴-۷- نتایج حاصل از نمودار تنش-کرنش (نمونه منطبق بر نتایج تجربی) ۵۷
شکل۴- ۸- دستگاه سنتام ۱۵۰ ..... ۵۸
شکل۴- ۹- نمونه‌ای از سیکل‌های پایدار شده ۵۹
شکل۴- ۱۰- مقاطع مدل سازی شده برای نمونه‌هایSSSI و SSXI ۶۵
شکل۴- ۱۱- مقاطع مدل سازی شده برای نمونه های SLSI و SLXI ۶۵
شکل۴- ۱۲- نمونه‌ای از داده‌های آزمون نیم سیکل پایدار تنش-کرنش..... ۶۸
شکل۴- ۱۳- نمونه‌ای از داده‌های آزمون سیکل پایدار تنش-کرنش..... ۶۹
شکل۴- ۱۴- پنج نمونه تست شونده جهت استخراج ثوابت ماده با دامنه کرنش متقارن..... ۷۱
شکل۴- ۱۵- فیکسچر ساخته شده برای جلوگیری از جابه‌جایی نمونه‌های تست شونده..... ۷۲
شکل۴- ۱۶- نمونه‌ای از نتایج پایدار شده حلقه‌های تنش-کرنش(کنترل کرنش)..... ۷۴
شکل۴- ۱۷- ممان استخراج شده از روش عددی برای یکی از نمونه‌های SLSI ۷۵
شکل۴- ۱۸- ممان استخراج شده از روش عددی برای یکی از نمونه‌های SSSI ۷۵
شکل۵- ۱-کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از نتایج تجربی برحسب گشتاور ۸۴
شکل۵- ۲- کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از روشعددی برحسب گشتاور..... ۸۵
شکل۵- ۳- کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از نتایج تجربی و روش عددی‌برای SLSI ۸۵
شکل۵- ۴- کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از نتایج تجربی و روش عددی‌برایSLXI..... ۸۶

شکل۵- ۵-کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از نتایج تجربی و روش عددی‌برایSSSI..... ۸۶
شکل۵- ۶- کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از نتایج تجربی و روش عددی‌برایSSXI ۸۷
شکل۵- ۷- کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از نتایج تجربی‌برحسب $\frac{M}{M_l}$ ۸۷
شکل۵- ۸-کرنش‌های پیش‌رونده به‌دست آمده از روش عددی برحسب$\frac{M}{M_l}$ ۸۸
شکل۵- ۹- کرنش پیش‌رونده تحت ممان ۳۸۱۸/۱۸ در نمونه‌های SLSIبرحسب زمان ۸۹
شکل۵-۱۰- کرنش پیش‌رونده تحت ممان ۴۷۰۴/۵۵ در نمونه‌های SSXIبرحسب زمان ۹۰
شکل۵- ۱۱- کرنش‌پیش‌رونده تحت ممان ۵۱۱۳/۶۴ در نمونه‌های SLXIبرحسب زمان ۹۰
شکل۵- ۱۲- کرنش‌های پیش‌رونده تحت ممان ۳۵۴۵ در نمونه‌های SSSIبرحسب زمان ۹۱
شکل۵- ۱۳- فیکسچر ساخته شده برای انجام تستهای تجربی با بارگذاری سیکلیک ۹۳

فهرست علائم اختصاری

مفهوم یا توضیح	علامت اختصاری
شعاع دایره تسلیم	r
ضخامت	t
ثابت سخت شوندگی ماده در مدل سینماتیکی	C
ضریب مشخصه مواد در مدل سینماتیکی	γ
قطر خارجی لوله	D_0
قطر داخلی لوله	D_i
مدول الاستیسیته	E
متغیر سختی ایزوتروپیک	R
مدول ارتجاعی برشی	G
ضریب لامه	λ
کرنش متوسط	ε_{m}
تنش متوسط	σ_{m}
تانسور با اثر کرنش	e_{ij}
تانسور با اثر تنش	S_{ij}
محدوده کرنش پلاستیک	$\Delta\varepsilon^{p}$

محدوده کرنش پلاستیک طولی	$\Delta\varepsilon_i^p$
کرنش کل	ε
نمو کرنش پلاستیک پیش‌رونده	dp
کرنش پلاستیک معادل	ε^p
کرنش الاستیک معادل	ε^e
کرنش پیش‌رونده محیطی	ε_θ^R
نرخ کرنش پلاستیک معادل	ε^p
دامنه کرنش دینامیکی	$\varepsilon_\emptyset$
تنش معادل تجربی	$\bar{\sigma}_{exp}$
تنش معادل	σ_{eq}
تنش فشاری	σ_p
تنش حرارتی	σ_t
تنش تسلیم	σ_y
سطح تسلیم به ازای کرنش پلاستیک صفر	$\sigma\|_0$
تنش تسلیم جاری	σ^0
تنش محیطی ناشی از فشار	σ_θ
چگالی جرمی	ρ
تابع سطح پتانسیل	F
تابع پله‌ای	H

ممان اینرسی	I
تغییر ناپذیرهای تانسور با اثر تنش	J_2وJ_2
تابع تسلیم	K
ممان‌های ناشی از بارگذاری نوسانی	M
فشار طراحی	P_D
مقدار مجانب متناظر با یک ناحیه سیکل پایدار	Q
حداکثر تغییر در اندازه سطح تسلیم	Q_∞
ضرایب مشخصه مواد در مدل ایزوتروپیکی	Q
متغیر سختی ایزوتروپیک	R
استحکام تسلیم	S_y
نرخ تغییر اندازه سطح تسلیم	b
نمو کرنش پلاستیک پیش‌رونده	dp
تابع بارگذاری	f
تابع معیار تسلیم	f_Y
مدول سختی	h
تنش معادل در معادله Swift	$\overline{\sigma}$
ثابت‌های مواد در معادله Swift	mوn
حداقل ممان دینامیکی	M_l
تنش برگشتی	X

نرخ کرنش پلاستیک	$d\varepsilon^p$
افزایش کرنش پلاستیک	$d\varepsilon_p$
تنش انحرافی	S_{ij}
تانسور کرنش	ε_{ij}
ماتریس تنش	σ_{ij}