

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده‌ی فناوری کشاورزی  
گروه آموزشی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش مکانیک ماشین‌های کشاورزی

### عنوان:

**طراحی و ساخت دستگاه نیمه اتوماتیک آزمون خزش برای مواد ویسکوالاستیک**

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین شاهقلی

اساتید مشاور:

دکتر یوسف عباسپور گیلانده

دکتر عبدالله گلمحمدی

پژوهشگر:

علی روشنیان فرد

تابستان ۹۲

## تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

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

اینجانب علی‌روشنیان فرد دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کشاورزی - مکانیک ماشین‌های کشاورزی گرایش - دانشکده‌ی فناوری کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۹۰۳۳۴۱۳۱۳۲ که در تاریخ ۹۰۳۳۴۱۳۱۳۲ از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان طراحی و ساخت دستگاه نیمه اتوماتیک آزمون خزش (creep) برای مواد ویسکوالاستیک دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

- 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.
- مسئولیت صحت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
- این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
- در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقررات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مأخذ ذکر نموده‌ام.
- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هرگونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
- 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.
- 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 مقررات مربوطه رفتار نماید.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

امضا

تاریخ



دانشکده‌ی فناوری کشاورزی  
گروه آموزشی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش مکانیک ماشین‌های کشاورزی

### عنوان:

**طراحی و ساخت دستگاه نیمه اتوماتیک آزمون خزش برای مواد ویسکوالاستیک**

پژوهشگر:

علی روشنیان فرد

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی .....

امضاء	سمت	مرتبه‌ی علمی	نام و نام خانوادگی
	استاد راهنما و رئیس کمیته‌ی داوران	استادیار	غلامحسین شاهقلی
	استاد مشاور	دانشیار	یوسف عباسپور گیلانده
	استاد مشاور	استادیار	عبداله گلمحمدی
	داور		

## تقدیم به :

خانوادہم، اساتید بزرگوار کلمہ نسان مائی کہ بود زم را مدیون آنا زم .  
و تقدیم به خدای بزرگ کہ در عو ظبہ عو ظہ زندگیم امید می ارس ت برای رسیدن بہ ہد ہما

ای نامہ می ارسرار اہی کہ تو ہی  
وی آینہ می جمال شاہی کہ تو ہی

بہ مرون ز تو نیرت آنچہ در عا ام ہر ت  
از خود بطلب ہر آنچہ خواہی کہ تو ہی

## ریاسکنازی:

گفتند بنویس، گفتند بخوان، گفتند تلاش کن، گفتند مایوس مباش، گفتند با تلاشهای سربلندمان کن، گفتند مسیر زندگی را مطابق میل خود تغییر بده، گفتند خداوند را همیشه ناظر بر کارهایت بین، گفتند گناه نکن، گفتند سربلندمان کن، گفتند من به تو ایمان دارم، گفتند آرزویمان موفقیت توست، گفتند هر کجا کسی از تو پرسید تنهایی تو بگو نه! من هستم و خدا، گفتند تو می توانی، گفتند انشاالله در موفقیت های بزرگتر، گفتند امیدمان به توست، گفتند وقتی به اضافه خدا باشی میتوانی منهای هر چیز زندگی کنی، گفتند که اهل و بجا بودنمان برایشان مهم است، گفتند با تدبیر و توکل شرایط را تغییر بده، گفتند در لحظه زندگی کن و ...

گاهی دعویمان کردند، گاهی بخشیدند، گاهی با غصه هایمان همدرد شدند و گاهی خندانند، گاهی مسیر را نشانمان دادند و گاهی دستمان را گرفتند...

اساتید گرانقدرم، خانواده عزیزم، دوستان مهربانم، همکاران تلاشگرم، همکلاسی های بازیگوشم، همراهان بی پروایم، همسفران صبورم، همشهری های شیرین زبانه، هموطنان سربلندم بابت هر جمله ای که به من آموختید، بابت هر عملی که باعث شد قدمی رو به جلو بردارم و بابت همه مهربانی هایتان، ممنونم.

نام خانوادگی دانشجو: روشنیان فرد نام: علی	
عنوان پایان نامه:	
طراحی و ساخت دستگاه نیمه اتوماتیک آزمون خزش برای مواد ویسکوالاستیک	
استاد راهنما: دکتر غلامحسین شاهقلی اساتید مشاور: دکتر یوسف عباسپور گیلاننده، دکتر عبدالله گلمحمدی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی کشاورزی
گرایش: مکانیک ماشین های کشاورزی	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: فناوری کشاورزی تاریخ دفاع:	تعداد صفحات: ۱۰۱
چکیده:	
<p>یکی از آزمایشهای مهم آزمایش خزش و نمودار سه مرحله ایی آن است آزمون خزش تغییر شکل مداوم در دماهای مختلف را وقتی تنش کمتر از حد تسلیم است تعیین می کند. در این تحقیق کلیه فرآیند طراحی و ساخت دستگاه نیمه اتوماتیک آزمون خزش برای مواد ویسکوالاستیک شامل نیازسنجی، تعیین مسئله، سنتز(ارائه طرح های اولیه)، تحلیل و آنالیز، ارزیابی طرح های ارائه شده، ارائه طرح نهایی، تحلیل طرح نهایی، مدلسازی، ساخت نمونه اولیه، ارزیابی پس از ساخت، نمونه آزمایش های انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است. پس از بررسی های اولیه، تعیین مسئله و مشاهده مکانیزمهای مختلف یک طرح نهایی که از نظر محدودیت های و اولویتهای طراحی تطبیق بیشتری با واقعیت داشت مورد بررسی و ساخت قرار گرفت. پس از انجام تحلیل های لازم طرح اصلی برای انجام فرآیند ساخت انتخاب شد. پس از اتمام فرآیند ساخت کارایی سیستم بر اساس دو نوع مواد ویسکوالاستیک (پلیمر و سیب زمینی) سنجیده شد. هر کدام از آزمایشات در سطوح مختلف بار ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ و در دو تکرار انجام شد. نتایج آنالیز های طراحی و ساخت، آزمون خزش و نحوه بارگذاری صحیح بیان گردید. استفاده از وسایل دقیق اندازه گیری نشانگر دقت و قابلیت بالای دستگاه جهت انجام آزمون خزش بر روی کلیه مواد مهندسی و کشاورزی با خاصیت ویسکوالاستیک می باشد. دستگاه ارائه شده با افزایش کیفیت داده برداری، سرعت عمل بهتر، رفع نقص های دستگاه های مشابه، دریافت داده های کمی و قابلیت آنالیز هم زمان در مدل های تکمیلی، باعث بهبود کیفیت آزمون خزش خواهد شد نتایج مطلوب آزمایش نشانگر کیفیت بالای دستگاه از نظر طراحی، ساخت و اجرا بود.</p>	
کلید واژه ها: خزش، طراحی و ساخت، نیمه اتوماتیک، ویسکوالاستیک	

<b>Surname:</b> Roshanian Fard	<b>Name:</b> Ali
<b>Title of Thesis:</b> Design and manufacturing of semi automatic creep tests machine for viscoelastic materials	
<b>Supervisor(s):</b> Dr. Golamhossein Shahgoli	
<b>Advisor(s):</b> Dr. Yousef Abbaspour-Gilandeh and Dr. Abdollah Golmohamadi	
<b>Graduate Degree:</b> Master of science(M.Sc)	<b>Major:</b> Agricultural Engineering
<b>Specialty:</b> Mechanics of Agricultural Mechinery	
<b>University:</b> Mohaghegh Ardabili	<b>Faculty:</b> Agriculture
<b>Graduation date:</b>	<b>Number of pages:</b> 101
<p><b>Abstract:</b></p> <p>One of the important test of mechanic is the creep test and its three-step diagrams. Creep test determine Continuous deformation at different temperatures to determine the stress is less than yield point of stress.In this paper the design and construction of all semi-automatic machines for material viscoelastic creep tests, including needs assessment, problem determination, synthesis (the original plan), the analysis, evaluation of proposed designs, final design, final design analysis, modeling, prototyping, evaluation of the samples was examined by experiments.After an initial review to determine the mechanisms observed in a final design that matches the design constraints and priorities of construction was more of a reality.After analysis of the original design for the building was selected. Upon completion of the manufacturing process performance based on both types of viscoelastic materials (polymers and potatoes) were measured. Each of the experiments at different times, 5, 10, 20, 40 and 80 and two replications.Design and analysis of results, and how to load creep tests were correctly stated.</p>	
<b>Keywords:</b> Creep, Design and Manufacturing, semi automatic, viscoelastic	



## فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب	صفحه
---------------------	------

### فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- کلیات.....	۵
۱-۲-۱- آزمون خزش.....	۵
۲-۲-۱- مواد ویسکوالاستیک.....	۱۰
۳-۲-۱- آزمون خزش بر روی مواد ویسکوالاستیک.....	۱۰
۴-۲-۱- آزمون خزش بر روی فلزات.....	۱۱
۵-۲-۱- آزمون خزش بر روی محصولات کشاورزی.....	۱۴
۳-۱- عوامل مؤثر بر آزمون خزش.....	۱۸
۱-۳-۱- ساختار داخلی مواد.....	۱۸
۱-۳-۱- خواص خزشی در مواد ویسکوالاستیک.....	۱۸
۲-۳-۱- برخی از خواص خزشی آلیاژهای گوناگون.....	۱۹
۲-۳-۱- تاثیر زمان و پیش بینی خواص طولانی مدت مواد.....	۲۰
۳-۳-۱- تاثیر میزان رطوبت.....	۲۱
۴-۳-۱- تاثیر رقم، گونه در محصولات کشاورزی.....	۲۲
۵-۳-۱- تاثیر تنش و بار اعمالی.....	۲۲
۶-۳-۱- تاثیر دما.....	۲۳
۴-۱- خصوصیات مواد مرتبط با آزمون های مکانیکی.....	۲۶
۱-۴-۱- تأثیرات خزش بر خواص مکانیکی مواد.....	۲۶
۵-۱- پلیمر ها.....	۲۷
۱-۵-۱- آزمون خزش بر روی مواد پلیمری.....	۲۸
۶-۱- پیشینه تحقیق.....	۲۹

- ۱-۶-۱ پیشینه تحقیق بر روی پلیمر ها، کامپوزیت ها و خزش فلزات در دمای بالا..... ۲۹
- ۱-۶-۲ پیشینه تحقیق بر روی محصولات کشاورزی..... ۳۱
- ۱-۶-۳ پیشینه تحقیق در ارتباط با دستگاه های مشابه..... ۳۴

## فصل دوم: مبانی نظری

- ۱-۲-۱ کلیات..... ۳۶
- ۱-۲-۱-۱ کلیات طراحی..... ۳۶
- ۱-۲-۱-۱-۲ طراحی مهندسی مکانیکی..... ۳۷
- ۱-۲-۱-۲ مراحل و دیاگرام فرآیند طراحی..... ۳۷
- ۱-۲-۲ کلیات ساخت..... ۳۹
- ۲-۲-۲ طراحی و ساخت شاسی و بدنه دستگاه..... ۴۰
- ۱-۲-۲-۱ انتخاب جنس شاسی دستگاه..... ۴۰
- ۲-۲-۲ طراحی شکل ظاهری..... ۴۱
- ۳-۲-۲ ابعاد شاسی..... ۴۲
- ۴-۲-۲ آنالیز شاسی..... ۴۳
- ۳-۲-۳ طراحی و ساخت بخش کفه های نگهدارنده و الواتور..... ۴۶
- ۱-۳-۲-۱ انتخاب جنس کفه ها..... ۴۶
- ۲-۳-۲ طراحی شکل ظاهری کفه ها و الواتور..... ۴۷
- ۳-۳-۲ ابعاد کفه ها..... ۴۷
- ۴-۳-۲ آنالیز کفه ها..... ۵۰
- ۴-۲-۴ طراحی و ساخت بخش باسکول و سیستم اعمال بار..... ۵۲
- ۱-۴-۲-۱ انتخاب جنس کفه های باسکول و نوع لودسل..... ۵۲
- ۲-۴-۲ طراحی شکل ظاهری باسکول..... ۵۲
- ۳-۴-۲ ابعاد باسکول..... ۵۲
- ۴-۴-۲ آنالیز باسکول..... ۵۳

۵۴	۵-۲- طراحی و ساخت سیستم تعادلی نگهدارنده عمودی باسکول.....
۵۵	۱-۵-۲-انتخاب جنس سیستم تعادل.....
۵۶	۲-۵-۲ طراحی شکل ظاهری.....
۵۷	۶-۲- طراحی و ساخت سیستم تولید توان.....
۵۹	۷-۲- طراحی و ساخت سیستم انتقال توان.....
۵۹	۱-۷-۲-انتخاب نوع سیستم انتقال قدرت.....
۶۰	۲-۷-۲ طراحی شکل سیستم انتقال قدرت.....
۶۱	۳-۷-۲ آنالیز سیستم انتقال قدرت.....
۶۵	۸-۲- طراحی و ساخت سیستم بالا برنده (الواتور) .....
۶۵	۱-۸-۲-انتخاب نوع سیستم بالا برنده.....
۶۶	۲-۸-۲ شکل ظاهری و ابعاد سیستم بالا برنده.....
۶۷	۳-۸-۲ تحلیل سیستم بالا برنده .....
۷۰	۹-۲- طراحی و ساخت بخش الکترونیک.....
۷۰	۱-۹-۲-انتخاب نوع مدار.....
۷۲	۲-۹-۲ تنظیمات و کالیبراسیون مدار.....
۷۳	۱۰-۲- آزمون مقدماتی آزمایشگاهی برای هر بخش.....
۷۳	۱۱-۲- ارزیابی عملکرد دستگاه بر اساس استاندارد ها.....
۷۴	۱۲-۲- مراحل اجرایی آزمایشات.....
۷۴	۱-۱۲-۲ آماده سازی نمونه های آزمایشی.....
۷۷	۲-۱۲-۲ کالیبراسیون و آماده سازی دستگاه و تجهیزات آزمایشی.....
۷۸	۳-۱۲-۲ اجرای آزمایش و بارگذاری بر روی نمونه.....
۷۹	۴-۱۲-۲ به دست آوردن داده های اولیه، بررسی و جمع بندی داده ها.....
۷۹	۵-۱۲-۲ رسم نمودارهای خزش.....
۸۰	۶-۱۲-۲ تنظیمات و کالیبراسیون مدار.....
۸۲	۷-۱۲-۲ اندازه گیری پارامترهای خزش.....

۱۳-۲ ثبت نهایی داده ها و تحلیل ..... ۸۲

## فصل سوم: مواد و روش ها

۱-۳ کلیات ..... ۸۴

۲-۳ ارزیابی عملکرد دستگاه ..... ۸۴

۱-۲-۳ پارامتر های طراحی دستگاه ..... ۸۴

۱-۲-۳ ضریب اطمینان قطعات ..... ۸۵

۲-۱-۲-۳ سرعت حرکت الواتور و سرعت بارگذاری ..... ۸۵

۳-۳ پارامتر های اندازه گیری شده ..... ۸۸

۱-۳-۳ نتایج اندازه گیری خصوصیات فیزیکی نمونه های مورد آزمایش ..... ۸۸

۲-۳-۳ نتایج اندازه گیری کرنش نمونه های اندازه گیری شده ..... ۹۰

۴-۳ نتایج آزمایشات ..... ۹۰

۱-۴-۳ نتایج آزمایشات بر روی مواد ویسکوالاستیک ..... ۹۱

۲-۴-۳ نتایج آزمایشات بر روی مواد پلیمر ..... ۹۱

۳-۴-۳ نتایج آزمایشات بر روی سبب زمینی ..... ۹۴

۵-۳ مقایسه ها ..... ۹۷

۱-۵-۳ مقایسه نحوه بارگذاری دستگاه ساخته شده با نمونه های مشابه ..... ۹۷

۲-۵-۳ مقایسه نتایج آزمون خزش با تحقیقات پیشین ..... ۹۷

۱-۴-۱ نتیجه گیری ..... ۱۰۲

۲-۴-۲ پیشنهادات ..... ۱۰۳

منابع و مأخذ ..... ۱۰۵

پیوست ها ..... ۱۰۸

## فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۲: مشخصات فنی پروفیل‌های اسکلت بندی با فولاد (5.74) DIN 59410	۴۱
جدول ۲-۲: مشخصات یاتاقان‌ها و پیچ مورد استفاده در الواتور	۴۶
جدول ۳-۲: قطعات مورد استفاده در بخش تعادل	۵۶
جدول ۴-۲: قطعات مورد استفاده در تحریک کننده	۵۸
جدول ۵-۲: قطعات مورد استفاده در سیستم انتقال قدرت	۵۹
جدول ۶-۲: مشخصات زنجیر و چرخ زنجیر استفاده شده در دستگاه	۶۲
جدول ۸-۲: ضریب چند ردیفه $K_1$	۶۳
جدول ۷-۲: ضریب تصحیح دندانه $K_2$ بر اساس تعداد دندانه‌های $N$ روی چرخ زنجیر	۶۴
جدول ۹-۲: ضریب کاربردی بار $K_s$	۶۴
جدول ۱۰-۲: توان‌های نامی برای زنجیر غلتک دار تک ردیفه	۶۵
جدول ۱۱-۲: قطعات مورد استفاده در مدار الکتریکی	۷۱
جدول ۱۲-۲: جدول استاندارد‌های طراحی و ساخت	۷۴
جدول ۱-۳: ضرایب اطمینان قطعات دستگاه	۸۵
جدول ۲-۳: تغییر مکان الواتور در هر لحظه	۸۸
جدول ۳-۳: خصوصیات فیزیکی سیب زمینی‌های مورد آزمایش	۸۹
جدول ۴-۳: داده‌های آزمون خزش بر روی پلیمر	۹۱
جدول ۵-۳: نتایج آزمون خزش بر روی پلیمر و پارامترهای تعریف شده	۹۲
جدول ۶-۳: نتایج آزمایش خزش بر روی سیب زمینی	۹۴
جدول ۷-۳: پارامترهای آزمایش خزش بر روی سیب زمینی	۹۵
جدول ۸-۳: مقایسه نتایج قاسمی و همکاران با نتایج آزمایش‌های انجام شده در دمای $20^{\circ}\text{C}$ و نیروی ۷۸/۵ کیلوگرم - نیرو ۱۰۰	۱۰۰

## فهرست شکل ها

شماره و عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۱: منحنی زمان - استرین یا تغییر شکل برای تست خزش.....	۶
شکل ۲-۱: منحنی تنش - کرنش.....	۷
شکل ۳-۱: مدت زمان واکنش تغییر شکل در آزمون خزش- رلکسیشن.....	۱۱
شکل ۴-۱: منحنی خزش و نرخ خزش.....	۱۲
شکل ۵-۱: اثر تنش اعمالی را بر منحنی خزش.....	۱۳
شکل ۶-۱: آزمون خزش متداول بر روی مواد مختلف.....	۱۵
شکل ۷-۱: پارامترهای خروجی آزمون خزش.....	۱۶
شکل ۸-۱: تاثیر دما بر زمان آزمون خزش.....	۲۰
شکل ۹-۱: تاثیر افزایش تنش بر نتایج آزمون خزش بر روی آلیاژ FGH95 Nickel-Base در فشارهای متفاوت.....	۲۳
شکل ۱۰-۱: تاثیرات دما بر آزمون خزش.....	۲۵
شکل ۱-۲: فرآیند طراحی.....	۳۸
شکل ۲-۲: تصویر اسکلت بندی (شاسی) دستگاه.....	۴۲
شکل ۳-۲: ابعاد اسکلت بندی (شاسی) دستگاه.....	۴۲
شکل ۴-۲: مشخصات فیزیکی شاسی تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون.....	۴۳
شکل ۵-۲: تنش وارده بر شاسی تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون.....	۴۴
شکل ۶-۲: جابجایی المان های شاسی تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون.....	۴۵
شکل ۷-۲: کرنش المان های شاسی تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون.....	۴۵
شکل ۸-۲: ابعاد و اندازه های صفحه نگهدارنده بالا.....	۴۸
شکل ۹-۲: ابعاد و اندازه های صفحه نگهدارنده وسط (تکیه گاه باسکول)، الواتور.....	۴۸
شکل ۱۰-۲: ابعاد و اندازه های صفحه نگهدارنده زیرین (نشیمن گاه نمونه های آزمایشی).....	۴۹

- شکل ۱۱-۲: شکل و ساختار الواتور حمل بار (بخش سبز رنگ) . . . . . ۴۹
- شکل ۱۲-۲: آنالیز تحمل تنش صفحه بالایی تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون..... ۵۰
- شکل ۱۳-۲: آنالیز تحمل تنش صفحه بالابر تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون..... ۵۱
- شکل ۱۴-۲: آنالیز تحمل تنش صفحه زیرین تحت بار ۱۰۰۰ نیوتون..... ۵۱
- شکل ۱۵-۲: ابعاد و شکل باسکول..... ۵۲
- شکل ۱۶-۲: نتایج آنالیز تنش باسکول تحت بار ۹۸۰.۶ نیوتون..... ۵۳
- شکل ۱۷-۲: نتایج آنالیز کرنش باسکول تحت بار ۹۸۰.۶ نیوتون..... ۵۴
- شکل ۱۸-۲: سیستم تعادلی باسکول (نحوه نصب و قرار گیری)..... ۵۵
- شکل ۱۹-۲: اجزای سیستم تعادلی شامل شافت، بوش و صفحه اصلی..... ۵۵
- شکل ۲۰-۲: ساختار کلی بخش نگهدارنده..... ۵۷
- شکل ۲۱-۲: شکل ظاهری موتور الکتریکی همراه با گیربکس..... ۵۸
- شکل ۲۲-۲: ابعاد الکتروموتور محرک به همراه گیربکس..... ۵۸
- شکل ۲۳-۲: موتور محرک و نحوه نصب بر روی دستگاه..... ۵۹
- شکل ۲۴-۲: تصویر چرخ زنجیر..... ۶۰
- شکل ۲۵-۲: تصویر چرخ زنجیر نصب شده بر موتور..... ۶۰
- شکل ۲۶-۲: محل قرار گیری و چگونگی عملکرد سیستم انتقال قدرت..... ۶۱
- شکل ۲۷-۲: نمای چرخ زنجیر و زنجیر با مولفه های مربوطه..... ۶۱
- شکل ۲۸-۲: سیستم بالا برنده..... ۶۷
- شکل ۲۹-۲: نمایی از دندانه های پیچ قدرت..... ۶۷
- شکل ۳۰-۲: نمایش پارامترهای پیچ قدرت..... ۶۹
- شکل ۳۱-۲: جعبه قرار گیری کلیه مدارات الکتریکی و مدار فرمان..... ۷۲
- شکل ۳۲-۲: بلور بوراکس (بورک)..... ۷۵
- شکل ۳۳-۲: ساختار نشاسته ذرت..... ۷۶

- شکل ۲-۳۴: دیتا لاگر Data Taker، مدل DT-800..... ۷۷
- شکل ۲-۳۵: تصویر LVDT جهت اندازه گیری کرنش..... ۷۸
- شکل ۲-۳۶: تصویر لودسل جهت اندازه گیری بار اعمالی..... ۷۹
- شکل ۲-۳۷: نحوه نصب صحیح لودسل..... ۷۹
- شکل ۲-۳۸: نمونه ای از نمودار خزش (کرنش - زمان) برای نمونه سیب زمینی..... ۸۰
- شکل ۳-۱: نحوه اعمال ضربه بر اثر بارگذاری اشتباه در آزمون خزش..... ۸۶
- شکل ۳-۲: بارگذاری اشتباه در آزمون خزش بر اثر مدت زمان طولانی تا رسیدن به تنش دلخواه... ۸۷
- شکل ۳-۳: نحوه بارگذاری صحیح توسط دستگاه..... ۸۷
- شکل ۳-۴: نمودار تغییر مکان و سرعت الواتور..... ۸۸
- شکل ۳-۵: نمودار قطر های نمونه های مورد آزمایش... ۸۹
- شکل ۳-۶: نمونه ای از نمودار حاصل از آزمایشات خزش..... ۹۰
- شکل ۳-۷: پارامترهای استاندارد تعریف شده برای خزش..... ۹۱
- شکل ۳-۸: نمودار افزایش پارامتر های E، F و G..... ۹۲
- شکل ۳-۹: نتایج آزمون خزش بر روی پلیمر و پارامتر های تعریف شده..... ۹۳
- شکل ۳-۱۰: نمودار آزمون خزش بر روی سیب زمینی در ۴ نیروی مختلف..... ۹۴
- شکل ۳-۱۱: نمودار پارامتر های آزمون خزش بر روی سیب زمینی..... ۹۵
- شکل ۳-۱۲: نحوه بارگذاری در دستگاه های مشابه..... ۹۶
- شکل ۳-۱۳: نحوه بارگذاری دستگاه ساخته شده..... ۹۷
- شکل ۳-۱۴: نتایج آزمون خزش بر روی سیب زمینی متداول در ۱۵ درجه سانتی گراد... ۹۸
- شکل ۳-۱۵: دستگاه مورد استفاده قاسمی و همکاران برای آزمون خزش..... ۱۰۰



# فصل اول:

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

آزمایشات مکانیکی بر روی مواد مختلف یکی از روش های تعیین خصوصیات مکانیکی مواد از جمله سختی<sup>۱</sup>، استحکام، مدول الاستیسیته و چقرمگی شکست، رفتار خستگی و خزشی است. تعیین خصوصیات مکانیکی جهت به کارگیری ماده ی درست در طراحی ها جهت ساخت و همچنین شناخت خصوصیات مکانیکی<sup>۲</sup> مواد کشاورزی و دیگر مواد ویسکوالاستیک مؤلفه ی مهمی تلقی می شود. چرا که با دستیابی به این خصوصیات روش های بهتری را برای کاشت، داشت، برداشت محصولات کشاورزی انتخاب کرد و در ساخت دستگاه های مختلف عملیات کشاورزی و فرآوری، طراحی های مناسبی را مطابق با آن خصوصیات انجام داد و یا در بخش مهندسی می توان با دستیابی به خصوصیات مواد، مخصوصا مواد ویسکوالاستیک کاربرد این مواد را در ساخت و سازهای عمرانی نظیر پل ها، برج ها، خانه ها، سد ها و ... بهینه تر خواهد کرد. چه بسا با شناخت این خصوصیات می توان مانع اغلب شکست های عمرانی نظیر واژگونی برج ها، ریزش تونل ها، شکست پل ها و ... شد. با توجه به تأثیر نیرو های مختلف بر روی سازه های مهندسی را در طول زمان مدیریت کرد. از این روش می توان برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی نیز استفاده کرد. به طور مثال از مواد با خزش زیاد نباید برای تولید بالشتک های (ضربه گیرهای) تحمل کننده قطعات بسته بندی شده استفاده کرد زیرا امکان لیز خوردگی در هنگام انبارش وجود دارد. مقدار خزش<sup>۳</sup> و تنش استاتیکی مجاز بستگی به ضخامت بالشتک، دوام بسته بندی و شرایط انبارش دارد.

---

<sup>1</sup> hardness

<sup>2</sup> Mechanical propertic

<sup>3</sup> Creep

یکی از آزمون های مهم در بررسی خواص مکانیکی مواد ویسکوالاستیک که شامل انواع مواد پلیمری، کامپوزیتی، کشاورزی و ... می شود، آزمایش خزش<sup>1</sup> و نمودار سه مرحله ایی آن است. آزمون خزش تغییر شکل مداوم در دماهای مختلف را وقتی تنش کمتر از حد تسلیم است تعیین می کند. آزمون خزش به صورت تغییر شکل ماده ویسکوالاستیک بر اثر اعمال بار ثابت (تنش ثابت) طی زمان، نیز تعریف می شود. آزمون خزش نقش عمده ای را در بیان میزان خصوصیات ویسکوزیته و الاستیک مواد و پارامترهای مرتبط با آن، ایفا می کند زیرا اگر ماده ای نسبت به خزش تاثیر پذیری بالایی داشته باشد در بخش های حساس پروژه های مهندسی نظیر پایه پل ها، فونداسیون سازه ها نمی توان استفاده کرد زیرا طی زمان دچار تغییر شکل شده و باعث آسیب پروژه می شود. البته قابل ذکر است که تاثیر خزش در مواد مختلف نسبت به کاربرد های آنها می تواند جنبه مثبت یا منفی داشته باشد که این امر بایستی طی بررسی نیاز ها و کاربرد های لازم، بحث شود. چه بسا در زندگی روزمره خود تأثیرات مختلف خزش را احساس می کنیم. به عنوان مثال برداشتن یک وزنه ۵ کیلوگرمی شاید خیلی آسان باشد ولی اگر این وزنه طی مدت زمان زیادی نگهداری شود شخص دچار خزش در بافت های بازوی خود می کند و این عامل باعث احساس خستگی می شود.

خواص مکانیکی شامل سختی، استحکام، مدول الاستیسیته و چقرمگی شکست، رفتار خستگی و خزشی خواصی هستند که تعیین کننده ی رفتار مواد در برابر نیروهای وارده هستند. این خواص پیش از آنکه یک قطعه مورد استفاده قرار گیرد، بایستی به طور کامل بررسی شوند. چنانچه قطعه مورد نظر در جایی بکار رود که تحت تنش های مکانیکی باشد، به ترتیب در تنش های مختلف و در درجه حرارت های بالا، مورد بررسی قرار می گیرد. پس از بررسی خواص مکانیکی قطعه از طریق انجام آزمایشات مربوطه و بدست آمدن نتایج، مناسب بودن قطعه برای کاربرد مورد نظر مشخص

---

<sup>1</sup> Creep test

می‌گردد. چنانچه خواص مکانیکی قطعه‌ای با شکل و ترکیب مشخص مطابق با مقادیر مطلوب نباشد، به کمک تغییر در ترکیب ماده و به روشهای مختلفی مانند مکانیزم‌های استحکام دهی می‌توان به مقدار مطلوب دست پیدا نمود (فرکوئیس و پینوا<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳).

امروزه برای انجام آزمون‌های مکانیکی، دستگاه‌های مختلفی طراحی و ساخته شده است این دستگاه‌ها با وجود پیشرفته بودن کارایی مناسبی را برای انجام آزمون خزش ندارند. چرا که یا برای این منظور طراحی نشده‌اند که آزمون خزش به عنوان آزمون جنبی برای آن‌ها برنامه ریزی شده، یا روش نامناسبی برای انجام آزمون انتخاب شده است و یا این دستگاه‌ها مختص فلزات در دمای بالا هستند. در این بین با وجود نیاز مبرم، دستگاه اختصاصی برای انجام آزمون خزش بر روی انواع مواد ویسکوالاستیک وجود ندارد.

در بررسی‌های انجام شده بر روی مواد مختلف و نحوه انجام آزمایش خزش بر روی این مواد با دستگاه‌های مختلف متوجه شدید که اشتباه عمده‌ای در نحوه انجام این آزمایشات وجود دارد. کلیه دستگاه‌های ساخته شده چون بر اساس آزمون‌های کشش و فشار طراحی شده‌اند برای انجام آزمون خزش مناسب نیستند با وجودیکه به صورت گسترده از این نوع دستگاه‌ها برای انجام آزمون خزش استفاده می‌شود. نحوه بارگذاری این دستگاه‌ها چون به صورت هیدرولیکی یا نیوماتیکی می‌باشد، شبیه سازی نادرستی را برای انجام آزمون خزش اجرا می‌کنند. به عنوان مثال در دستگاه سنتام بارگذاری به صورت محوری با افزایش نیروی هیدرولیکی در مدت زمان خاصی انجام می‌شود ولی در آزمون خزش بایستی بار لحاظ شده از همان لحظات اولیه بر ماده اعمال شود تا بتوانیم خصوصیت ماده را با یک بار ثابت بسنجیم. لذا بر آن شدیم تا دستگاه اختصاصی کاملی را برای انجام آزمون خزش طراحی و ساخت نماییم.

---

<sup>1</sup> Pineau & François