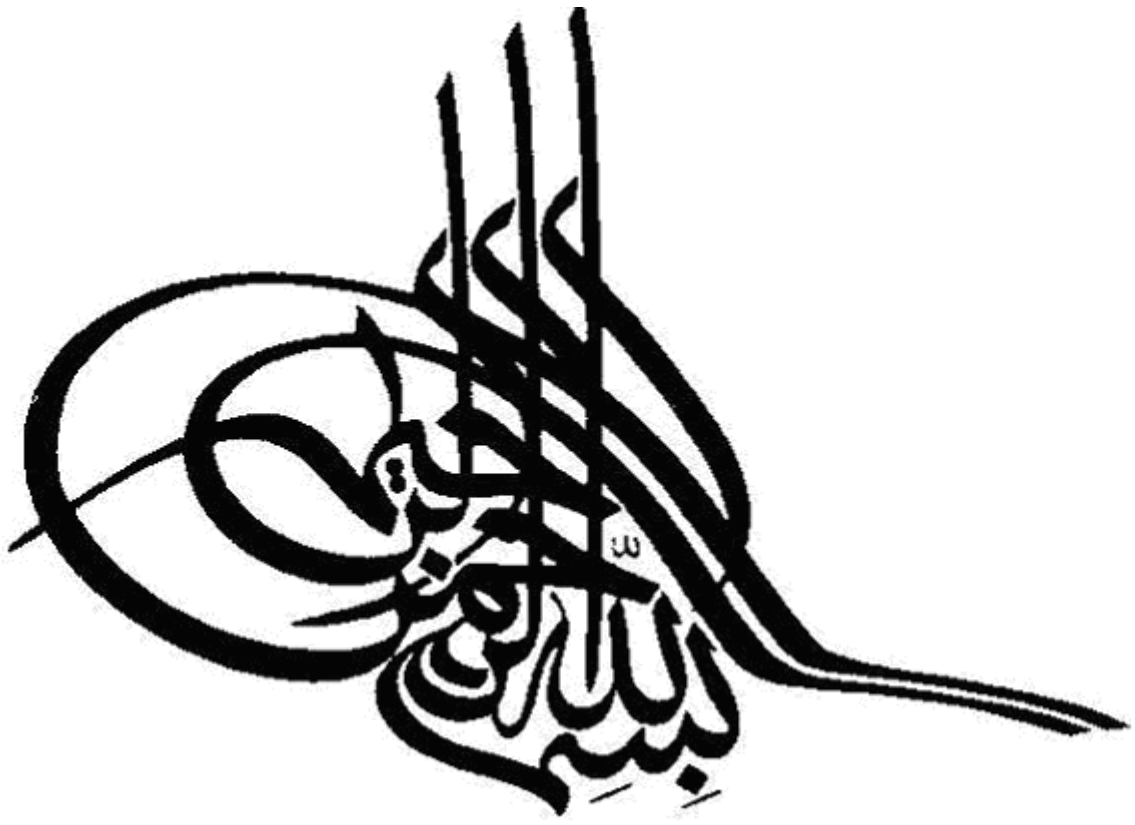

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش ساخت و تولید

طراحی و تولید میز دوار چدنی سکوی پرتاب راکت به کمک کامپیوتر

استاد راهنما : دکتر مهرداد کازرونی

استاد مشاور : مهندس حسن نوذریان

نگارش: حجت ا... آدمی

تابستان ۱۳۸۲

تقدیر و تشکر :

از زحمات و راهنماییهای اساتید محترم دکتر مهرداد کازرونی استاد راهنمای پروژه و مهندس حسن نوذریان استاد مشاور و دیگر کسانیکه که مرا در راستای این تحقیق کمک نمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که همواره مشوق من در راه تحصیل بوده‌اند و در این راستا از هیچگونه سعی و تلاشی دریغ نکرده اند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	
مقدمه	۱
فصل اول:مروری بر تاریخچه تحول راکتها وسکوهای پرتاب(لانچر)	۵
فصل دوم: بررسی وضعیت فعلی طرح و اقدام به بهینه‌سازی آن	۱۰
۲-۱- مقدمه	۱۰
۲-۲- روش ساخت میز دوار از فولاد	۱۰
۲-۲-۱- ساخت دیواره ها	۱۱
۲-۲-۲- صفحات زیرین	۱۱
۲-۲-۲-۱- صفحات جلویی میز دوار	۱۱
۲-۲-۲-۲- صفحات زیرین وسطی	۱۱
۲-۲-۲-۳- صفحات زیرین انتهایی	۱۱
۲-۳- صفحات پایه گهواره	۱۳
۲-۴- تقویت کننده ها	۱۴
۲-۵- یاتاقانها	۱۴
۲-۶-گلدانی	۱۴
۲-۷- مونتاژ	۱۴
۲-۸- روش ریخته گری قطعه	۱۵
۲-۸-۱- مزایای روش ریخته گری نسبت به روش فعلی	۲۱
۲-۸-۲- معایب روش ریخته‌گری نسبت به روش فعلی	۲۲
فصل سوم: مدلسازی و محاسبات تحلیلی با استفاده از CAD	۲۳
۳-۱- مقدمه	۲۳
۳-۲- روشهای مدل سازی	۲۳
۳-۲-۱- مدل سازی سیمی	۲۳

۳-۲-۲- مدل سازی صفحه‌ای ۲۵
۳-۲-۳- مدلسازی جامد ۲۶
۳-۳- مدلسازی در نرم افزار ANSYS و استفاده از روش مدلسازی جامد ۲۷
۳-۳-۱- روش مستقیم ۲۸
۳-۳-۲- روش غیر مستقیم ۲۸
۳-۴- معادلات نیرویی ۲۹
۳-۵- نتیجه‌گیری ۳۱
فصل چهارم: تحلیل تنش میز دوار دوجنسی فولاد- چدن به کمک نرم افزار ANSYS ۳۲
۴-۱- مقدمه ۳۲
۴-۲- تحلیل تنش با استفاده از نرم‌افزارANSYS ۳۳
۴-۲-۱- آنالیز هندسی و مدل کردن میز دوار ۳۳
۴-۲-۲- تحلیل المان محدود ۳۳
۴-۲-۲-۱- شبکه بندی ۳۳
۴-۲-۲-۲- اعمال شرایط مرزی ۳۵
۴-۳- نتایج عددی بر مبنای تحلیل تئوری و المان محدود ۴۰
فصل پنجم:تحقیق،ارزیابی و طراحی جوشکاری چدن به فولاد ۴۱
۵-۲- قابلیت جوش پذیری چدنها ۴۱
۵-۳- چدن داکتیل باگرافیت کروی ۴۱
۵-۴- جوش پذیری فولاهای معمولی ۴۲
۵-۵- جوشکاری چدن به فولاد ۴۲
۵-۵-۱- جوشهای لایه ای یا آستر کشی(Buttering Layers) ۴۳
۵-۵-۲- جوشهای آستر کشی تک لایه ای (single layer welds) ۴۳
۵-۵-۳- جوشهای آستر کشی چند لایه‌ای(Multilayer welds) ۴۴
۵-۶- مرحله طراحی وآزمایشات ۴۴
۵-۶-۱- تهیه نمونه های استاندارد

۵-۶-۲- طراحی Clamp منا سب ۴۴
۵-۶-۳ - آزمایشات انجام شده ۴۴
۵-۶-۴ - آزمایش کشش و سختی ۴۵
۵-۶-۵- محاسبات و نتایج آزمایش ۴۶
۵-۷- نتیجه گیری ۴۷
فصل ششم: بررسی تنش گیری میز دوار پس از ریخته گری ۴۷
۶-۱- مقدمه ۵۱
۶-۲- عملیات حرارتی چدنهای نشکن یا داکتیل (گرافیت کروی) ۵۱
۶-۲-۱- آنیل کردن ۵۲
۶-۲-۲- نرماله کردن ۵۲
۶-۲-۳- سخت کردن ۵۳
۶-۲-۴- سخت کردن سطحی ۵۵
۶-۲-۵- تنش گیری ۵۶
۶-۳- نتیجه‌گیری ۵۷
فصل هفتم: جمع‌بندی و پیشنهادات ۵۸
۷-۱- نتیجه گیری ۵۹
۷-۲- پیشنهادات ۵۹
مراجع مورد استفاده ۶۰
ضمیمهٔ یک(برنامه Visual basic نیروهای وارد شده به میز دوار در زوایای مختلف) ۶۱
ضمیمهٔ دو (ابعاد نمونه‌های استاندارد برای تست کشش) ۶۳
ضمیمهٔ سه (آستمپر کردن چدنهای داکتیل) ۶۶
ضمیمهٔ چهار(چند نمونه سکوی پرتاب) ۶۸
۷۸

فهرست اشکال

شکل **صفحه**

شکل (۲-۱): سکوی مایل پرتاب خودرویی ۱۰

شکل(۲-۲): مجموعه کلی میز دوار ۱۰

شکل (۲-۳): صفحهٔ زیرین قسمت جلویی میزدوار ۱۲

شکل (۲-۴): صفحهٔ زیرین قسمت وسط میزدوار ۱۲

شکل (۲-۵): صفحهٔ زیرین قسمت قسمت انتها میزدوار ۱۳

شکل (۲-۶): پایهٔ یاتاقان گهواره میزدوار ۱۴

شکل (۲-۷): چدن داکتیل GGG-60 ۱۶

شکل (۲-۸): دیاگرام آزاد نیروهای اعمال شده به میز دوار ۱۷

شکل (۲-۹): طرح نهایی میزدوار برای ریخته‌گری به همراه همهٔ Fillet های آن ۱۸

شکل (۲-۱۰): مدل ریختگی میزدوار ۱۹

شکل (۲-۱۱): تنهٔ ماشینهای تراش با الگو گرفتن از طرح هلم ۲۰

شکل (۲-۱۲): اصول تنه‌ها در ماشین *NC* ۲۰

شکل (۲-۱۳): ورق فولادی ۲۰

شکل (۲-۱۴): فرآیند تولید میزدوار به روش ریخته‌گری ۲۱

شکل (۳-۱): مدل سیمی ۲۴

شکل (۳-۲): مدل صفحه‌ای ۲۶

شکل (۳-۳): مدل جامد ۲۷

شکل (۳-۴): میزدوار مدل شده در نرم‌افزار *Mechanical Desktop* ۲۹

شکل (۳-۵): دیاگرام نیروهای اعمال شده به میزدوار ۳۰

شکل (۳-۶): دیاگرام نیروها و گشتاورهای اعمال شده در سر گیردار شفت فولادی ۳۱

شکل (۴-۱): مدل Solid میزدوار ۳۳

شکل (۴-۲): شبکه‌بندی قسمت جلویی میزدوار ۳۴

شکل (۴-۳): شبکه‌بندی شفت فولادی و دیوارهٔ میزدوار ۳۵

شکل (۴-۴): المان *Solid73* ۳۵

شکل (۴-۵):مرحلهٔ بارگذاری و اعمال شرایط مررزی ۳۶

شکل(۴-۶): شرایط مرزی اعمال شده در قسمت جلویی میزدوار ۳۷
شکل(۴-۷): بارگذاری اعمال شده بر روی یاتاقانهای پایینی میزدوار ۳۷
شکل(۴-۸): بارگذاری اعمال شده بر روی یاتاقانهای پایینی میزدوار ۳۸
شکل(۴-۹): بارگذاری اعمال شده بر روی شفت فولادی میزدوار ۳۸
شکل(۴-۱۰) : مقادیر تنش حاصل از المان محدود ۳۹
شکل (۵-۱): روشهای گوناگون جوشکاری چدن به فولاد ۴۲
شکل (۵-۲): طراحی کلمپ و قطعه‌کار مناسب ۴۵
شکل (۵-۳): فلوچارت آزمایشات ۴۶
شکل (۵-۴): منحنی تنش-کرنش نمومنه نیم دمبلی تخت پس از تست کشش ۴۸
شکل (۵-۵):نیم دمبلهای فولادی و چدنی پس از تست کشش ۴۹
شکل (۶-۱):ساختار میکروسکوپی مقطعی از چدن داکتیل ۵۳
شکل (۶-۲): اثر درجه حرارت آستنیته‌کردن بر روی سختی چدن نشکن پس از نرماله شدن ۵۴
شکل (۶-۳): اثر درجه حرارت آستنیته‌کردن بر روی سختی چدن نشکن پس از سخت کردن ۵۵
ضمیمه یک: برنامهٔ **Visual basic** محاسبات نیرویی لانچر در زوایای مختلف θ ۶۳
ضمیمه دو شکل (۱): ابعاد نمونه‌های استاندارد برای تست کشش
۶۶
ضمیمه دو شکل(۲): مقطع استاندارد محلهای بسته شده بین دو فک دستگاه ۶۷
ضمیمه سه شکل۱: مقایسه خواص مکانیکی چدن نشکن آستمپرشده وکلاسهای استاندارد چدن داکتیل ۶۹
ضمیمه سه شکل ۲: ساختار میکروسکوپی فولاد یوتکتوئیدی ۷۰
ضمیمه چهار شکل ۳: ساختار میکروسکوپی چدن نشکن پس از آستمپر شدن در دمای ۳۷۰ درجه سانتیگراد ۷۱
ضمیمه چهار شکل۴: اثر زمان آستمپرکردن بر روی درصد ازدیاد طول برای چدن نشکن غیر آلیاژی ۷۲
ضمیمه چهار شکل۵: اثر اضافه کردن توأم نیکل و مولیبدن بر روی به تأخیر انداختن کاهش انعطاف پذیری ۷۳
ضمیمه چهار شکل ۶: ساختار میکروسکوپی چدن آلیاژی نشکن پس از آستمپر شدن در ۳۱۵ درجه سانتیگراد ۷۵
ضمیمه چهار شکل۷: اثر درجه حرارت آستمپرینگ بر روی استحکام کشش و انعطاف پذیری چدن نشکن آلیاژی ۷۶
ضمیمه چهار شکل ۸: ساختار میکروسکوپی چدن نشکن پس از آستمپر شدن در ۳۷۰ درجه سانتیگراد ۷۷
ضمیمه پنج شکل(۱):سکوی مایل پرتاب ۷۸
ضمیمه پنج شکل(۲): سکوی مایل پرتاب خودرویی فراگ -7 ۷۸
ضمیمه پنج شکل(۳): سکوی مایل پرتاب موشک ۷۹

فهرست جداول

جدول **صفحه**

جدول(۲-۱): مشخصات و ویژگیهای چدن داکتیلGGG-60 ۱۵

جدول(۲-۲): زمان و هزینه بکار رفته در تولید میز دوار ۲۲

جدول (۵-۱): خواص مکانیکی چدن وفولاد ومنطقه جوش ۵۰

جدول (۵-۲): اندازه‌گیری میانگین نتایج مقدار سختی منطقه جوش با استفاده از دستگاه سختی سنج ویکرز ۵۰

جدول ۶-۱ : عملیات حرارتی توصیه شده برای آنیل کردن چدنهای نشکن ۵۲

جدول ۶-۲ : حداقل زمان و درجه حرارت توصیه شده برای نرماله کردن چدن داکتیل غیر آلیاژی ۵۴

جدول۶-۳ : اثر زمان آستنیته کردن بر روی سختی وساختمان نمونه های چدن داکتیل کوئنچ شده ۵۶

جدول ۶-۴: محدوده سختی پس از سخت کردن سطحی برای چدنهای نشکن و زمینه های مختلف ۵۷

جدول ۶-۵: محدوده حرارتی توصیه شده برای تنش‌گیری چدنهای نشکن ۵۷

فهرست علائم

علامت	توضیحات
E	مدول یانگ
ν	ضریب پواسون
C	شعاع شفت استوانه‌ای
L	طول محل اعمال نیرو در روی شفت تا سر گیر دار آن
M	گشتاور خمشی
I	ممان اینرسی
P_x	نیروهای اعمال شده خارجی به بازو در جهت محور x
P_y	نیروهای اعمال شده خارجی به بازو در جهت محور y
N_x	نیروهای اعمال شده خارجی به یاتاقانها در جهت محور x
N_y	نیروهای اعمال شده خارجی به یاتاقانها در جهت محور y
V	نیروی برشی
Q	ممان اولیهٔ سطح
t	ضخامت مقطع برابر با شعاع شفت توپر
σ_Y	تنش تسلیم
A	سطح مقطع شفت استوانه‌ای
σ_{xx}	تنش نرمال در جهت محور x
σ_{yy}	تنش نرمال در جهت y
σ_{zz}	تنش نرمال در جهت z
τ_{xy}	تنش برشی در جهت y
τ_{zx}	تنش برشی در جهت x
τ_{yz}	تنش برشی در جهت z
σ_0	تنش تسلیم(معیار فن- میسز)
ρ	چگالی

چکیده:

در حال حاضر سازه میزدوار از ورقهای فولادی ساخته می‌شود که لازم است این ورقها قبلاً برشکاری شده سپس جوشکاری شوند ضمن آنکه یکسری قطعات ماشینکاری شده نیز در این سازه به کار می روند و در نهایت بعد از عملیا ت تنش زدایی نهایی ماشینکاری می‌شوند که انجام عملیات برشکاری، جوشکاری و ماشینکاری اولیه قطعات مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی می‌شود. لذا ریخته‌گری میزدوار از جنس چدن داکتیل باعث کاهش هزینه و زمان تولید قطعه می‌شود.

در این پروژه با هدف بهینه‌سازی در مراحل تولید، ابتدا میزدوار به وسیله تکنیک مدلسازی صلب (Solid Modeling)، با الگو گرفتن از طرح موجود(فولادی) شبیه سازی شده که در آن تمامی عناصر هندسی از جمله کمانها، منحنی‌ها به خصوص در مناطقی که احتمال می‌رود، تمرکز تنش بالا باشد به طور ویژه در مدلسازی لحاظ گردیده‌اند. سپس با استفاده از تحلیل به کمک روش المان محدود (FEM)، قطعه، مورد تحلیل تنش قرار گرفته و اصلاحاتی جهت بهبود وضعیت مکانیکی، روی طرح صورت گرفته است، و براساس نتایج بدست آمده از تحلیل، مدل ریخته‌گری با کمک کامپیوتر تهیه و فرآیند ریخته‌گری(چدن) متعاقب آن صورت گرفته است. پس از انجام عمل ریخته‌گری، کنترل ابعادی و تست غیرمخربUT (Ultrasonic Testing) روی میز دوار انجام شده است. تست UT برای بازرسی میز دوار پس از ریخته‌گری برای تعیین سالم بودن قطعه به کار برده شده است. یک ورق فولادی روی سطح خارجی میز دوار که از آنجا ماهیچه‌ها بیرون کشیده می‌شوند برای پوشیده شدن آن منطقه جوش داده شده است. پس از جوشکاری روی میزدوار عملیات ماشینکاری، کنترل ابعادی، تست غیرمخربPT و عملیات حرارتی روی قطعه صورت گرفته است. تستPT (Penetration Testing)برای بازرسی در جوشکاری چدن به فولاد و جوش چدن به کار می‌رود . تغییر روش تولید میز دوار به روش ریخته‌گری باعث کاهش قابل ملاحظه هزینه و زمان تولید شده است. برای مدلسازی قطعه از نرم افزار Mechanical Desktop 6.0 و برای تحلیل قطعه به روش المان محدود از نرم افزار ANSYS 5.4 استفاده شده است و نهایتاً مدل نهایی برای مدلسازی ریخته گری قطعه تهیه شده است. در نهایت روی نتایج بدست آمده بحث شده و در مورد کارهایی که در ادامه این کار می‌توان انجام داد پیشنهاداتی ارایه شده است.

مقدمه

مقدمه

میزدوار زیرمجموعه‌ای است از مجموعه سکوی پرتاب. سکوی پرتاب(لانچر) مجموعه‌ای است ثابت یا متحرک و مرکب از انواع مکانیزمهای مکانیکی, هیدرولیکی, الکتریکی و یا ترکیبی از آنها می‌باشد، که به منظور حمل و نقل موشک برای مسافت کوتاه, قراردادن راکت در راستای هدف, ارسال فرامین لازم به راکت و نهایتاً پرتاب راکت مورد استفاده قرار می‌گیرد. سازه سکو به هنگام پرتاب موشک باید از صلبیت لازم برخوردار باشد. با توجه به تنوع زیاد راکتها و موشکها سکوهای پرتاب نیز دارای تنوع زیادی هستند. انواع سکوهای پرتاب به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

۱- سکوهای پرتاب هواپایه : این سکوهای پرتاب در زیر هواپیما و یا بالگرد نصب می‌شوند و جهت پرتاب راکت به سمت اهداف هوایی, زمینی و دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و از ابعاد کوچکتر و وزن کمتری نسبت به سایر سکوهای پرتاب برخوردار هستند. و در نتیجه دارای دقت, سرعت عمل و ایمنی بسیار بالائی می‌باشند.

۲- سکوهای پرتاب دریا پایه : سکوهایی هستند که در انواع کشتی‌های جنگی و زیر دریائیها جهت پرتاب موشک مورد استفاده واقع می‌شوند. این سکوها با توجه به انواع موشکها از تنوع زیادی برخوردار هستند. سکوهای دریا پایه عمدتاً ثابت و در نوع خود دارای عمود پرتاب و مایل پرتاب می‌باشند.

۳- سکوهای پرتاب زمین پایه : سکوهایی هستند که از روی زمین جهت پرتاب انواع موشکها و راکتها به سوی اهداف زمینی, هوایی و دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نوع خود دارای انواع ثابت و متحرک, مایل پرتاب و عمود پرتاب می‌باشند.

۴- سکوهای پرتاب سیلوئی: این سکوها در داخل زمین مستقر می‌شوند و جهت پرتاب موشکهای هسته‌ای و استراتژیک استفاده می‌شوند و مجهز به سیستم تعلیق و سیستم سرمایش و گرمایش می‌باشند و دارای درپوشهای بسیار محکم هستند, بطوریکه بر روی آنها امکان تردد با انواع خودروها و کارهای کشاورزی وجود دارد. به لحاظ امنیتی نیز از استتار بسیار بالائی برخوردار هستند، در دوران جنگ سرد تعدادی از این سکوها در کشورهای روسیه و آمریکا ساخته شده است.

۵- سکوهای پرتاب موشکهای فضایی: از این سکوها جهت پرتاب موشکهای حامل انواع ماهواره‌های تحقیقاتی, مخابراتی و نظامی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه موشکهای فضایی بدلیل حجم و وزن زیاد و پیچیدگی‌های خود از قابلیت جابجایی کمتری برخوردار هستند، این سکوها معمولاً در نزدیکترین فاصله ممکن از سایت مونتاژ موشک قرار می‌گیرند.

۶- سکوهای پرتاب شنی‌دار: این سکوها بر روی خودروی شنی‌دار همانند تانک نصب می‌شوند و دارای انواع عمود پرتاب و مایل پرتاب هستند و جهت پرتاب انواع راکتها و موشکها با اهداف زمینی و هوایی مورد استفاده واقع می‌شوند.

۷- سکوهای پرتاب ریلی: این سکوها در داخل یکی از واگنهای قطار قرار می‌گیرند، و همواره در حال تردد بوده جهت پرتاب موشکهای هسته‌ای استراتژیک استفاده می‌شوند.

۸- سکوهای پرتاب کششی: این سکوها عمدتاً ثابت هستند و جهت جابجایی آنها از وسیلهٔ دیگری استفاده می‌شود و بیشتر در سایت های پدافند هوایی استفاده می‌شوند.

۹- سکوهای پرتاب خودرویی: این سکوها بصورت دائم بر روی خودروهای چرخدار مخصوص نصب می‌شوند و دارای انواع عمود پرتاب و مایل پرتاب هستند و جهت پرتاب موشکها و راکتهای با اهداف هوایی, دریایی و زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سکوهای پرتاب خودرویی در نوع خود بسیار متنوع هستند.

میز دوار به مجموعه‌ای اطلاق می‌شود که بین گهواره و شاسی ثابت سکوی پرتاب(لانچر) قرار می‌گیرد و به عنوان یک تکیه گاه در سازه سکوی پرتاب راکت بوده و زیر گهواره قرار می‌گیرد و امکان حرکت در سمت گهواره را فراهم می‌سازد. میزدوار حول محوری که عمود بر محور خود میز هست به اندازهٔ زاویه مشخص $\pm\phi$ چرخیده و حرکت در سمت را به مجموعه سکوی پرتاب می‌دهد. حرکت در برد توسط یک سری بازوی هیدرومکانیکی و جک فنری در زوایای مختلف θ صورت می‌گیرد. در حال حاضر سازهٔ میز دوار از ورقهای فولادی ساخته می‌شود که لازم است این ورقها قبلاً برشکاری شده و سپس جوشکاری شوند ضمن آنکه یکسری قطعات ماشینکاری شده نیز در این سازه به کار برده می‌شود و کلاً این مجموعه‌ها به روش جوشکاری و پیچ و پین و.. مونتاژ می‌شوند و در نهایت بعد از عملیات مونتاژ، عملیات حرارتی برای حذف تنشهای پسماند موجود در قطعه و یکنواختی و تثبیت ساختاری قطعه انجام می‌شود. انجام عملیات برشکاری، جوشکاری و ماشینکاری اولیهٔ قطعات، مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی می‌باشد. هدف از انجام این پروژه بهینه‌سازی در طراحی و تولید میز دوار به منظور کاهش هزینه و زمان تولید می‌باشد. انواع روشهای تولید مناسب برای میزدوار بررسی گردید نتایج حاکی از آن بود که بهترین روش جایگزین ریخته‌گری است. در مرحله اول برای پی بردن به درست بودن روش کار و جوابگو بودن روش ریخته‌گری ما یکسری از قطعات حساس مونتاژی و تحت بار میزدوار را به این روش تولید و تست کردیم که تست کوانتومتری و کشش قطعات در مرحله اول و مونتاژ آنها در کل مجموعه در مرحله دوم و کاهش برآورد هزینه تولید و زمان تولید آنها در مقایسه با روش قبلی این نتیجه بدست آمد که تولید مجموعه میز دوار به روش ریخته‌گری بهینه‌تر از روش قبلی است.

این پایان نامه در هفت فصل تهیه شده است:

فصل اول به تاریخچه راکتها وسکوهای پرتاب(لانچر) پرداخته است.

فصل دوم به بهینه سازی در طراحی وتولید میز دوار لانچر می پردازد.

فصل سوم به بررسی آنالیز هندسی و مدل کردن میز دوار پرداخته و معادلات حاکم بر مسئله را بیان نموده و با توجه به نیروها و تنشهای وارد به میز دوار به تحلیل محاسبات می‌پردازد.

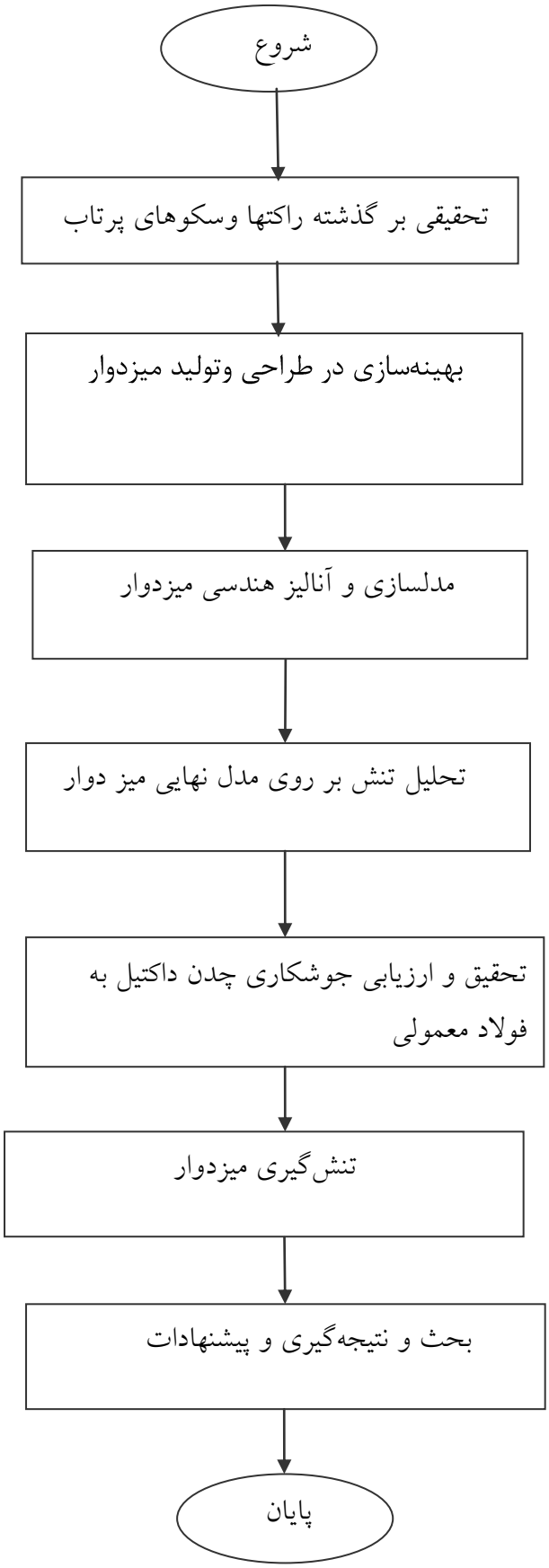
فصل چهارم تحلیل تنش مدل نهایی میز دوار ناشی از بارهای وارده به آن را توضیح می‌دهد که در آن میز به صورت یک قطعه، دو جنسی فولاد- چدن به کمک نرم افزار ANSYS مدل شده و مقادیر محاسبه شده از روش المان محدود با مقادیر محاسبات تحلیلی بر اساس معیار فون مایز و مراجع مقایسه شده است.

فصل پنجم به تحقیق و ارزیابی جوشکاری چدن به فولاد (جوشکاری ورق فولادی به میز دوار) پرداخته و برای تحلیل و ارزیابی جوش، آزمایش (تست کشش) روی نمونه‌های مختلف(جوشکاری چدن به فولاد) انجام شده است.

فصل ششم به بررسی تنش‌گیری میز دوار پس از ریخته‌گری می‌پردازد.

فصل هفتم به بحث و نتیجه‌گیری از کارهای انجام شده می‌پردازد و در پایان پیشنهاداتی برای ادامهٔ این تحقیق ارائه شده است.

شکل A-۱ دیاگرام منطقی از روش انجام کار در این پروژه را نشان می‌دهد.



شکل۱-A نمودار جریان عملیاتی در انجام پروژه

فصل اول

مروری بر پیشینهٔ راکت و سکوهای پرتاب

پیشینهٔ تحقیق

از تحقیقات و ابداعاتی که نهایتاً به ساخت موشک انجامید، و یا به آن کمک کرد، می‌توان به پیدایش باروت در قرن ۱۳ بوسیلهٔ چینی‌ها و ارائه قوانین حرکت در سال ۱۶۸۶ به وسیلهٔ اسحاق نیوتن «معمار اصلی مکانیک-کلاسیک» به عنوان دو رویداد مهم در این زمینه نام برد. باروت سیاه مدتها پس از کشف, به منظور آتش بازی و اثرگذاری تخریبی به کار می‌رفت, تا اینکه در قرن ۱۴ دانشمندی به نام « برتولد سووارز» توپی اختراع کرد که از باروت سیاه به عنوان خرج پرتاب استفاده می‌کرد. با انفجار باروت سنگهای داخل لوله به سرعت به بیرون پرتاب می‌شدند. سالهای متمادی این عنصر به عنوان ماده منفجره عمومی مصرف می‌شد, تا اینکه در سال ۱۴۲۵ دانه‌های آن تکامل یافت و سرانجام فرانسوی‌ها در سال ۱۵۲۵ با تغییراتی که در آن بوجود آوردند باروت را تکمیل کردند. این ماده تا قرن ۱۹ به عنوان بهترین خرج پرتاب به کار می‌رفت. علی رغم کسب توانایی تحریک اجسام خارجی به وسیلهٔ باروت, پیگیری مسأله حرکت و علل آن که از قبل موضوع اصلی فلسفه طبیعی یا به اصطلاح امروز فیزیک بوده است, تا زمان گالیله و نیوتن پیشرفت چشمگیری نداشته است. نیوتن که در سال مرگ گالیله در انگلستان متولد شد, تلاش دانشمندان قبلی را دنبال کرد و سرانجام آن را به ثمر رسانید. قوانین این دانشمند بزرگ که برای اولین بار در سال ۱۶۸۶ در کتابی به نام اصول ریاضی فلسفه طبیعی منتشر شد, هنوز هم در تکنولوژی و مهندسی موشک کاربرد دارد.

در سال ۱۸۰۴ یکی از افسران انگلیسی به نام سرویلیام کونگرو[۱] به ریاست کارخانهٔ موشک‌سازی که تازه در وولویچ[۲] تأسیس شده بود انتخاب گردید. نتیجهٔ فعالیت این سرهنگ موجب پیدایش راکتی که کانگرو نام گرفت شد [۱].

در صورت جداسازی تاریخ سلاحهایی که تفاوت اصولی با ساختمان راکت دارند، ولی از نظر تاریخ اسلحه جزء تحولات مرتبط به موشک محسوب می شوند، یکی پیدایش آتش یونانی، سرچشمه گرفته از دانش مصری و دیگری آتش پرنده در چین را می توان نام برد. در یکی از این آزمایشها که به زمان قبل از میلاد نسبت داده می‌شود، یک نفر چینی به نام وانگ هو[۳] که در فکر راندن یک وسیلهٔ نقلیه به کمک موشک بود، تعداد ۴۷ قبضه از سلاح ابداعی خود و یا موشک را به داربستی که در اطراف یک صندلی ساخته بود وصل نمود. دو بادکنک نسبتاً بزرگ را نیز به آن متصل کرد. شاید وانگ هو در نظر داشت وسیلهٔ نقلیهٔ مزبور را در یک زمان آتش نمایند. بعد از اقدام به آتش، در یک لحظه غرشی عجیب بلند شد و ابری از دود، آسمان را پرکرد. در این آزمایش که گویا اشتباه یکی از کارگران موجب عدم موفقیت

۱- Willam_Congreve

۲- Wool Which

۳- Wangho

آن شد، «وانگ هو» و صندلی او به خاکستر تبدیل‌شدند. اگرچه این آزمایش به نتیجه نرسید، ولی شاید بتوان وانگ هو چینی را طراح اولین موشک محسوب نمود [۲].

روند توسعه موشک تا جنگ جهانی دوم ادامه یافته و مشکلات فنی جهت ساختن موشکها و راکتهای دقیق و قوی همچنان موجود بود تا اینکه موشک انتقامی V2 آلمانی در ۸ سپتامبر ۱۹۴۴ در میان بهت و حیرت مردم انگلیس، لندن را زیر آتش قرار داد. حرفV در زبان آلمانی مخفف کلمه(verge ting) به معنی انتقام می باشد و هدف از به کارگیری پسوند ۲ به این منظور بود که بفهمانند سری جدید این سلاحها هم وارد عمل خواهند شد. مقامات انگلیس قبلاً از کیفیت این سلاحها آگاه بودند. قضیه از این قرار بود که یکی از موشکهای V2 حین آزمایش در باتلاقی واقع در سوئد بدون منفجر شدن سقوط کرده بود. انگلیسی‌ها از طریق سفارت و به بهانهٔ در معرض خطر قرار گرفتن بریتانیا، دولت سوئد را متقاعد کردند و نمونهٔ عمل نکرده را جهت بررسی در اختیار گرفتند. موشک V2 نمونهٔ کاملی از ساختمان اصولی موشک به شکل امروزی است. موتور فشفشه‌ای آن با سوخت مایع نوع الکلی کار می-کرد. هدایت موشک با استفاده از ژیروسکوپ و به صورت تنظیم از قبل انجام می‌گرفت. این موشک مجهز به دستگاه فرستنده و گیرنده بود و از روی لانچر به صورت عمود به هوا پرتاب می‌شد و پس از اوجگیری (به ارتفاع ۲۵ کیلومتر) و خارج شدن از جو به سمت هدف متمایل می‌شد و زمانی که زاویهٔ حملهٔ موشک به ۴۵ درجه می‌رسید، موتور از کار می‌افتاد و موشک مسیر بالستیکی خود را طی می‌نمود.

مشخصات فیزیکی یک نمونه از موشکهای V2 به قرار زیر است:

طول موشک	۱۴ متر	قطر موشک	۱/۷ متر
وزن موشک	۱۳ تن	وزن سرجنگی	۹۵۰ کیلوگرم
زمان پرواز	۵ الی ۶ دقیقه		
برد موشک با سرعت ماکزیمم	۳۵۰ کیلومتر		

در موشک V2 دو مخزن آلومینیومی(یکی برای اکسیژن مایع به ظرفیت ۱۱۰۰۰ پوند و دیگری برای الکل به ظرفیت ۷۵۰۰۰ پوند) طراحی شده بود[۳].

در سال ۱۸۹۷پدر علم راکت به نام «زیولکوفسکی» طرح موتورهای سوخت مایع را ارائه نمود و متذکر شد که راکتهای با سوخت مایع به علت دارا بودن قابلیت انعطاف در حین سوختن و سهولت کنترل مناسبتر نسبت به راکتهای سوخت جامد مزیت داشته و بنابراین بر موتورهای با سوخت جامد، ارجحیت دارند. او استفاده از سوختهای مایع هیدروژن، اکسیژن و ئیدروکربنهایی، مانند پروگول را توصیه نمود[۴].

در سال ۱۹۰۸ گودارد دانشمند آمریکایی مطالعات خود را در مورد راکت به شدت دنبال کرد و به این تنیجه رسید که راکتهای با سوخت مایع، مزیت بالاتری نسبت به راکتهای با سوخت جامد دارند. همانند زیولکوفسکی، او دریافت که اکسیژن و هیدروژن مایع برای این نوع موتورها مناسب است. او بر این