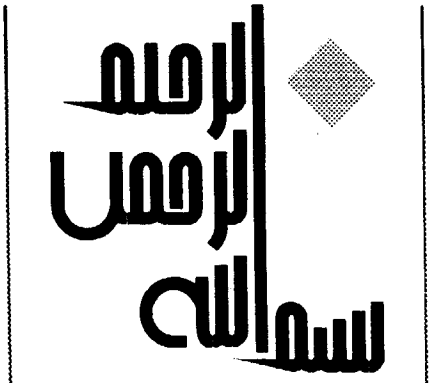

٢٥٤٣٠

دانشگاه علم و صنعت ایران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک

طراحی میل گاردان کامپوزیتی یکپارچه

۱۲۷۹ /۱۲/ ۱۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تعیین مدارک

پژو RD

اکبر حسنی

استاد راهنما

دکتر مهرداد محمود شکریه

بهمن ۱۳۷۹

۲۵۴۳۰

با خاضعانه ترین احساسم

این برگ سبز را

تقدیم می‌نمایم به

تمام اندیشمندانی که

در راه آبادانی ایران زمین

تلاش می‌کنند

چکیده

در این رساله "اصول طراحی میل گاردانهای کامپوزیتی" مورد بررسی قرار گرفته است. یک میل گاردان فقط مختص خودرو نمی باشد، بلکه در بسیاری از سیستمهای انتقال قدرت می تواند مورد استفاده قرار بگیرد. اما در این رساله به طورخاص هدف جایگزین کردن یک میل‌گاردان کامپوزیتی یک پارچه به جای میل‌گاردان فلزی دو تکه موجود بر روی پژو RD می‌باشد.

طراحی یک گاردان کامپوزیتی به دو قسمت عمده "طراحی محور کامپوزیتی" و "طراحی اتصالات" تقسیم می‌شود. در بحث طراحی محور کامپوزیتی عموماً به بررسی پارامترهائی چون سرعت بحرانی ، گشتاور استاتیکی و گشتاور کمانشی پرداخته شده است.

در بحث طراحی اتصالات ، مدل‌سازی سه‌بعدی اتصالات تک لبه و دولبه تحت گشتاور استاتیکی انجام گرفته است. در این مدل رفتار مواد به صورت ایزوتروپیک غیرخطی برای چسب، ایزوتروپیک خطی برای فلز وارتوتروپیک خطی برای محور کامپوزیتی منظور گردیده است. در طول مسیر طراحی کلیه تحلیلها با استفاده از روش اجزاء محدود صورت گرفته است. در هر مرحله برای اطمینان از صحت جوابها بعد از معرفی پارامتر مربوطه همچون، سرعت بحرانی، گشتاور استاتیکی و کمانشی و طراحی اتصالات و...، جوابهای حاصل از تحلیل اجزاء محدود با نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی موجود در مقالات متعدد مورد مقایسه قرار گرفته است.

در انتها به طور خاص به طراحی گاردان کامپوزیتی یک پارچه برای پژو RD پرداخته شده است. گاردان نهائی طراحی شده برای RD یک کامپوزیت هایبرید ساخته شده از الیاف کربن و شیشه به همراه رزین اپوکسی می‌باشد که دارای وزنی کمتر از یک سوم گاردان اصلی می‌باشد.

کلمات کلیدی: محور کامپوزیتی، سرعت بحرانی، گشتاور کمانشی، اجزاء محدود، اتصالات کامپوزیتی، غیر خطی

صمیمانه ترین و خالصانه ترین تشکرات قلبیم را حضور
جناب آقای دکتر شکریه
که در تمامی مراحل پروژه در نهایت
صمیمیت و با گشاده رویی در اوقات مختلف
مرا پذیرا بوده و از بذل هر گونه عنایت و
راهنمایی دریغ نداشته اند تقدیم می دارم .

از جناب آقای دکتر جاهد مطلق که در تمامی طول
تحصیل مرا راهنما بودند تشکر می کنم .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه 2

۱-۲- روش تولید میل گاردانهای کامپوزیتی ٦

۱-۳- خصوصیات میل گاردانهای کامپوزیتی ۹

فصل دوم: معرفی صورت مسئله

معرفی صورت مسئله ۱٤

فصل سوم: معرفی اصول طراحی محورهای کامپوزیتی

۳-۱- مقدمه ۲۱

۳-۲- اصول طراحی محور در گاردانهای کامپوزیتی ۲۲

۳-۲-۱- انواع میل گاردانهای کامپوزیتی ۲۲

۳-۲-۲- انتخاب مواد در طراحی محورهای کامپوزیت ۲۵

۳-۲-۳- تحلیل سرعت بحرانی در محورهای کامپوزیتی ۲۷

۳-۲-٤ - طراحی استحکامی محورهای کامپوزیتی براساس گشتاور استاتیکی ۳۵

۳-۲-۵ - تحلیل کمانش برشی در محورهای کامپوزیتی ٤۱

فصل چهارم: اصول طراحی اتصالات در گاردانهای کامپوزیتی

٤-۱- مقدمه ۵۸

٤-۲- انواع اتصالات به کار رفته در گاردانهای کامپوزیتی ٦۰

٤-۳- مدل سازی اتصالات در گاردانهای کامپوزیتی ٦۱

٤-٤- محاسبهٔ ظرفیت گشتاور استاتیکی اتصالات در گاردانهای کامپوزیتی ٦۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل پنجم: طراحی گاردان کامپوزیتی یک پارچه برای پژو RD

۵-۱- مقدمه..... ۸۰

۵-۲- تعیین بارهای وارده بر گاردان پژو RD ۸۲

۵-۳- طراحی محور کامپوزیتی برای پژو RD..... ۸۵

۵-٤- طراحی اتصالات برای گاردان کامپوزیتی پژو RD..... ۹٦

۵-۵- خلاصه ای از نتایج طراحی گاردانRD..... ۱۰۰

فصل پنجم: نتیجه گیری وپیشنهادات

نتیجه گیری وپیشنهادات..... ۱۰۳

مراجع..... ۱۰۷

فهرست تصاویر

شکل	عنوان	صفحه
فصل اول:		
۱-۱	نمائی از نحوهٔ پیچش الیاف در یک میل گاردان کامپوزیتی	۱۱
۱-۲	تعدادی از مراحل تولید یک میل گاردان کامپوزیت	۱۲
فصل دوم:		
۲-۱	نقشه کلی میل گاردان پژو RD	۱۶
۲-۲	الگوریتم طراحی یک میل گاردان کامپوریتی	۱۸
فصل سوم:		
۳-۱	نمایش کلی سه نوع گاردان کامپوزیتی مورد استفاده در خودرو	۲٤
۳-۲	تغییر مقاومت نسبت به زاویهٔ الیاف برای یک کامپوزیت بوران/ اپوکسی	۳۷
۳-۳	تغییرات مربع اولین فرکانس طبیعی یک تیر با شرایط مرزی مختلف	٤۸
۳-٤	منحنی تغییرات پنج فرکانس طبیعی اول یک محور کامپوزیتی	٤۹
۳-۵	منحنی تغییرات مربع پنج فرکانس طبیعی اول یک محور کامپوزیتی	٤۹
۳-٦	نحوه المان بندی وشکل مداول کمانش پیچشی یک محور کامپوزیتی	۵۲
۳-۷	المان بندی وشکل مد دوم کمانش پیچشی یک محور کامپوزیتی	۵۲
فصل چهارم:		
۳-۱	مدل سه بعدی ۱/٤ از اتصالات تک لبه و دو لبه	٦٤
۳-۲	مدل دوبعدی اتصال تک لبه و دولبه	٦٤
۳-۳	ابعاد هندسی اتصالات تک لبه و دولبه	٦٤
۳-٤	نحنی تنش ـ کرنش برشی حجمی و لبه ای یک چسب	٦٦
۳-٤	منحنی تنش ـ کرنش قائم، حجمی ولبه ای یک چسب اپوکسی	٦۷
۳-٦	منحنی تنش کرنش برشی به دست آمده از سعی وخطا	۷۳
۳-۷	منحنی توزیع تنش برشی ایجاد شده در وسط چسب با رفتار غیرخطی	۷٦
۳-۸	موقعیت محور مختصات در نظر گرفته در یک اتصال تک لبه	۷٦

فهرست تصاویر

شکل	عنوان	صفحه
فصل چهارم:		
۵-۱	نحوه المان بندی مدل اجزاء محدود گاردان کامپوزیتی RD	۸۸
۵-۲	شکل مد اول فرکانسی گاردان کامپوزیتی پژو RD	۹۰
۵-۳	شکل مد دوم فرکانسی گاردان کامپوزیتی پژو RD	۹۰
۵-٤	شکل مد سوم فرکانسی گاردان کامپوزیتی پژو RD	۹۰
۵-۵	اولین مد کمانشی پیچشی میل‌گاردان کامپوزیتی پژوRD	۹۰
۵-٦	منحنی تغییرات فرکانسهای طبیعی گاردان RD برحسب گشتاور	۹۵
۵-۷	خواص مکانیکی چسب انتخاب شده برای گاردان کامپوزیتی پژوRD	۹۹
۵-۸	جزئیات اتصال دولبهٔ طراحی شده برای گاردان کامپوزیتی RD	۹۹
۵-۹	شمای کلی از گاردان کامپوزیتی طراحی شده برای پژو RD	۹۹

فهرست جداول

جدول	عنوان	صفحه
فصل سوم:		
۳-۱	هندسه وخواص مکانیکی محورکامپوزیتی	۲۹
۳-۲	در صد ترکیب الیاف وهندسهٔ محورکامپوزیتی	۳۰
۳-۳	خواص مکانیکی محورکامپوزیتی	۳۰
۳-٤	در صد ترکیب الیاف وهندسه محور کامپوزیتی	۳۰
۳-۵	خواص مکانیکی محور کامپوزیتی	۳۰
۳-٦	مقایسه نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود و نتایج آزمایشگاهی	۳۱
۳-۷	مقایسهٔ سرعت بحرانی به دست آمده از تحلیل اجزاء محدود	۳۳
۳-۸	خواص مکانیکی وهندسهٔ محورهای فلزی جدول	۳۳
۳-۹	هندسه و در صد ترکیب الیاف محور کامپوزیتی	٤۰
۳-۱۰	خواص مکانیکی محور ساخته شده از هایبرید کامپوزیتی	٤۰
۳-۱۱	مقایسهٔ ظرفیت گشتاوراستاتیکی یک محور کامپوزیتی	٤۰
۳-۱۲	چگونگی تغییرات گشتاور کمانشی برای یک محور کامپوزیتی	۵۰
۳-۱۳	خواص مکانیکی وابعاد محور	۵۱
۳-۱٤	خواص مکانیکی محورهای گرافیت/ اپوکسی	۵۳
۳-۱۵	تشریح گشتاور کمانشی محورهای کامپوزیتی گرافیت/ اپوکسی	۵۳
۳-۱٦	گشتاور کمانشی یک محور کامپوزیتی بوران / اپوکسی	۵٤
۳-۱۷	خواص مکانیکی وهندسهٔ یک محورکامپوزیتی	۵۵
۳-۱۸	مقایسهٔ نتایج گشتاور کمانشی یک محور کامپوزیتی	۵٦
فصل چهارم:		
٤-۱	خواص مکانیکی کامپوزیت کربن/ اپوکسی	۷۱
٤-۲	تشریح گشتاور استاتیکی حاصل از مدلسازی اجزاء محدود	۷۱

فهرست جداول

جدول	عنوان	صفحه
فصل پنجم:		
۵-۱	نسبت تبدیل دنده های گیر بکس پژو RD	۸۱
۵-۲	خواص مکانیکی الیاف به کار رفته در گاردان RD	۸۷
۵-۳	تشریح ظرفیت گشتاور استاتیکی گاردان کامپوزیتی پژوRD	۹۲

فهرست علائم واختصارات

وزن واحد طول	W :
طول محور کامپوزیتی	L :
جرم کل شفت	M :
شتاب ثقل زمین	g :
قطرخارجی محور	D :
قطر متوسط محور	D_m :
قطر داخلی محور	d :
شعاع متوسط محور	r_m :
ضخامت محور	t :
سرعت بحرانی محور	ω_{cr} :
گشتاور کمانشی محور	T_{cr} :
ممان اینرسی مقطع محور	I :
ضریب ارتجاعی طولی الیاف در مختصات قطعه ای[1]	E_{11} :
ضریب ارتجاعی عرضی الیاف در مختصات قطعه ای	E_{22} :
ضریب ارتجاعی برشی الیاف در مختصات قطعه ای	G_{12} :
ضریب پواسون الیاف در مختصات قطعه ای	ν_{12} :
ضریب ارتجاعی طولی الیاف در مختصات مادی[2]	E_{xx} :
ضریب ارتجاعی عرضی الیاف در مختصات مادی	E_{yy} :
ضریب ارتجاعی برشی الیاف در مختصات مادی	G_{xy} :
ضریب پواسون الیاف در مختصات مادی	ν_{xy} :
استحکام کششی الیاف در جهت محوری	X_T :
استحکام فشاری الیاف در جهت محوری	X_C :
استحکام کششی الیاف در جهت عرضی	Y_T :
استحکام فشاری الیاف در جهت عرضی	Y_C :
استحکام برشی	S_{xy} :
چگالی	ρ :

---

[1]-off axis

[2]-on axis

فهرست علائم واختصارات (ادامه)

X :	استحکام لایهٔ کامپوزیتی در جهت طولی الیاف (Tsai-Hill)
Y :	استحکام لایهٔ کامپوزیتی در جهت عمود بر الیاف (Tsai-Hill)
S :	استحکام برشی لایهٔ کامپوزیتی (Tsai-Hill)
σ_1 :	تنش قائم در جهت طولی الیاف
σ_2 :	تنش قائم در جهت عرضی الیاف
τ_{12} :	تنش برشی
σ_x^+ :	تنش کششی قائم در جهت طولی الیاف
σ_x^- :	تنش فشاری قائم در جهت طولی الیاف
σ_y^+ :	تنش کششی قائم در جهت عرضی الیاف
σ_y^- :	تنش فشاری قائم در جهت عرضی الیاف
σ_{xy} :	تنش برشی ایجادشده در صفحه xy
ε_x^+ :	کرنش کششی قائم در جهت طولی الیاف
ε_x^- :	کرنش فشاری قائم در جهت طولی الیاف
ε_y^+ :	کرنش کششی قائم در جهت عرضی الیاف
ε_y^- :	کرنش فشاری قائم در جهت عرضی الیاف
ε_s :	کرنش برشی ایجادشده در صفحه xy
σ_{xt}^f :	استحکام کششی کامپوزیت در راستای الیاف
σ_{xc}^f :	استحکام فشاری کامپوزیت در راستای الیاف
σ_{yt}^f :	استحکام کششی کامپوزیت در راستای عمود بر الیاف
σ_{yc}^f :	استحکام فشاری کامپوزیت در راستای عمود بر الیاف
σ_{xy}^f :	استحکام برشی کامپوزیت در صفحهٔ xy
C_{xy} :	ضرائب کوپلینگ تئوری تخریب Tsai-wu در جهت xy
C_{zy} :	ضرائب کوپلینگ تئوری تخریب Tsai-wu در جهت zy
C_{yz} :	ضرائب کوپلینگ تئوری تخریب Tsai-wu در جهت yz
ζ :	ضریب استحکام تئوری تخریب Tsai-wu

فصل اول

مقدمه

معرفی اجمالی از اهداف پروژه ، مروری به کارهای انجام شده در زمینه طراحی گاردانهای کامپوزیتی و روش حل مسئله از جمله مواردیست که در این فصل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۱- مقدمه

تکنولوژی مواد کامپوزیت به عنوان یکی از بزرگترین دستاوردهای بشری در دهـهای اخـیر بشـمار می رود. کاربرد این مواد به واسطه قابلیتهای ویژه شان هر روزه در حـال توسـعه اسـت. بـه طوریکـه امروزه کمتر صنعتی است که از توانائی های آن بهره مند نشده باشد. در حال حاضر در اکـثر کشـورها تحقیق و توسعه در زمینه مواد کامپوزیت به عنوان اولین اولویت تحقیقاتی مطرح شده، زیرا آنـها ایـن به موضوع واقفند که پیشرفتهای صنعتی آینده تنها با حضور این مواد تحقق خواهد یافت.

کاربرد این مواد به طور عمومی از ابتدای دهه هفتاد، تنها از صنایع هوائی و فضائی آغـاز شـد. امـا امروزه پس از گذشت تنها سه دهه در اکثر صنایع توسعه یافته است. در این میان صنعت خودرو که به عنوان یک صنعت مادر در هر کشور مطرح می باشد ، از توانائی ها و خصوصیات ایـن مـواد پیشـرفته بی نصیب نمانده است. هر روزه شاهد جایگزین شدن یکی از قطعـات فلـزی خـودرو بـا یـک مـادهٔ کامپوزیتی هستیم. یکی از این قطعاتِ میل گاردان می باشد که تحقیقات بسیارزیادی در دو دهه اخـیر بر روی آن صورت گرفته است.

در هر سیستم مکانیکی بعد از تولید توان جهت انتقال آن به بخشهای دیگر احتیاج به مجموعـه ای به نام سیستم انتقال قدرت می باشد. هنگامی که این بخشهای مجزا نسبت به هـم حرکـت کـرده و یـا دارای زوایای متغیر باشـند بـهترین راه حـل جـهت انتقـال قـدرت اسـتفاده از میـل گاردان و اتصـال یونیورسال می باشد. این مطلب به خوبی در خودرو ها بارز می باشد. برای حرکـت خـودرو بـاید بـه طریقی نیروی محرکه تولیدی در موتور به چرخها منتقل شود. این نیروی محرکـه از محـور خروجـی کیربگس خارج شده و می بایست به دیفرانسیل واز آنجا توسط اکسلها به چرخهای عقب منتقل شـود. دراین میان میل گاردان وظیفه این انتقال گشتاور را به عهده خواهد داشت.

تاریخچه استفاده از میل گاردان در خودرو ها به زمان سـاخت اولیـن سیسـتم تعلیـق برمـی گردد. نگاهی به اولین خودرو های ساخته شده با سیستم تعلیق، نشان می دهد که در آنـها بـه طریقـی میـل