دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

گرایش طراحی کاربردی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهینه سازی ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای کامپوزیتی تقویت شده محتوی مایع

استاد راهنما:

دکتر علی اصغر جعفری

محمد علی نیکجو

بهمن 1390

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

در این پایان نامه ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای کامپوزیتی تقویت شده محتوی مایع مورد بررسی قرار گرفته است. پوسته مذکور از کامپوزیت چند لایه تشکیل شده است و تقویت کننده‌ها شامل رینگ‌ها و استرینگرها می باشد. برای پوسته و تقویت کننده‌ها از تئوری برشی مرتبه اول استفاده شده است. تقویت کننده‌ها بصورت عناصر مجزا در نظر گرفته شده و وارد روابط خواهند شد. برای حل، از روش ریلی ریتزاستفاده شده است که بر اساس اصل انرژی پتانسیل کمینه استوار است. برای حل، روابط انرژی پتانسیل و جنبشی مربوط به پوسته و تک تک تقویت کننده‌ها به همراه انرژی جنبشی سیال بدست آمده و در رابطه پتانسیل انرژی قرار می گیرند.

تمامی تقویت کننده‌ها دارای مقطع مستطیلی هستند. رینگها می‌توانند خروج از مرکز های متفاوتی با یکدیگر داشته باشند. همچنین استرینگرها می توانند خروج از مرکز متغیر در طول خود داشته باشند. سیال ایده‌آل فرض شده و از اثر موجهای سطحی سیال صرف نظر شده است.

در قسمت صحه گذاری مقادیر بدست آمده برای فرکانس طبیعی با دیگر منابع و همچنین با نرم افزار های المان محدود مقایسه شده و صحت نتایج تایید شده است.

در نهایت برای رسیدن به بهترین و بالاترین فرکانس های طبیعی پایه، با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه سازی انجام شده است. با استفاده از الگوریتم ژنتیک مناسب ترین زوایای الیاف کامپوزیت لایه‌ای، برای رسیدن به حداکثر فرکانس طبیعی بدست آمد. همچنین بهترین نسبت ارتفاع به عرض برای استرینگر نیز بدست آمده و در آخر تعداد رینگ‌ها و استرینگرها و همچنین شکل مقطع آنها به نحوی که فرکانس پایه ماکزیمم شود بدست آمده است.

فهرست

فصل اول 1

مقدمه 1

1-1- مقدمه ای بر پوسته های استوانه‌ای تقویت شده 2

2-1- مروری بر کارهای گذشته: 2

1-2-1- پژوهشهای انجام شده در زمینه پوسته کامپوزیتی 2

2-2-1- پژوهش های انجام شده در باره پوسته های تقویت شده: 4

3-2-1- کارهای انجام شده در زمینه پوسته دارای سیال درونی: 7

4-2-1- کارهای انجام شده در زمینه بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک 9

5-2-1- کارهای انجام شده در این پژوهش: 9

6-2-1- نوآوری های پژوهش حاضر 10

فصل دوم 11

معادلات حاکم بر پوسته کامپوزیتی تقویت شده با سیال درونی 11

1-2 مقدمه 12

2-2- انواع تئوری های پوسته: 12

1-2-2- تئوری کلاسیک: 13

2-2-2- تئوری برشی مرتبه 1 13

3-2-2- تئوری برشی مرتبه 3 14

3-2- تحلیل پوسته‌ها با روش انرژی و تئوری برشی مرتبه اول 15

1-3-2- روابط حاکم بر پوسته کامپوزیتی 15

2-3-2- برایند نیروها و ممانها در چند لایه 19

3-3-2- محاسبه کرنشهای پوسته 24

4-3-2- معادلات انرژی کرنشی پوسته برای تئوری برشی مرتبه 1: 28

5-3-2- انرژی جنبشی پوسته 32

6-3-2- شرایط مرزی 33

7-3-2- شکل مودها: 35

4-2- محاسبه انرژی تقویت کننده‌ها: 37

1-4-2- انرژی پتانسیل کرنشی رینگها: 37

2-4-2- انرژی جنبشی رینگ: 39

2-4-3- انرژی کرنشی استرینگرها: 40
2-4-4- انرژی جنبشی استرینگر: 42
2-5- بررسی تاثیر سیال درونی در ارتعاشات پوسته استوانهای: 43
2-6- تشکیل تابع پتانسیل انرژی: 46
2-7- حل مسئله: 47
فصل سوم 50
بررسی صحت نتایج 50
3-1-مقایسه نتایج با دیگر مراجع 51
3-1-1- مقایسه نتایج در حالت پوسته کامپوزیتی بدون سیال و تقویت کننده: 51
3-1-2- مقایسه نتایج برای حالت پوسته ایزوتروپ تقویت شده با استرینگر بدون سیال درونی 51
3-1-3- مقایسه نتایج برای پوسته ایزوتروپیک تقویت شده با رینگ و استرینگر 52
3-1-4- مقایسه نتایج برای پوسته ایزوتروپیک تقویت شده با رینگ 53
3-1-5- مقایسه نتایج برای پوسته ایزوتروپیک پر شده از مایع 54
3-2- مقایسه نتایج با نرم افزار المان محدود: 55
3-2-1- پوسته کامپوزیتی تقویت شده با 6 رینگ و 8 استرینگر بدون سیال درونی 55
3-2-2- پوسته ایزوتروپ پر از مایع 56
فصل چهارم 58
بررسی نتایج 58
4-1- مقدمه: 59
4-2- فرکانس طبیعی در مودهای مختلف 59
4-3- بررسی تاثیر نسبت طول به شعاع بر فرکانسهای طبیعی 60
4-4 بررسی فرکانس طبیعی برای پوسته از جنس کامپوزیتهای مختلف 61
4-5- تاثیر زاویه الیاف در لایه ها بر فرکانس طبیعی 62
4-6- تاثیر توزیع متغیر خارج از مرکزی رینگها بر فرکانسهای طبیعی 63
4-7- بررسی فرکانسهای طبیعی برای پوسته تقویت شده با استرینگر با مقاطع مستطیلی دارای عرض و ارتفاع متفاوت برای استرینگرها 64
4-8- تاثیر چگالی مایع درونی بر فرکانسهای طبیعی پوسته 68
4-9- بررسی تاثیر خارج از مرکزی استرینگر بر فرکانس طبیعی مخزن پر از مایع 69
4-10- تاثیر ارتفاع متغیر استرینگر بر فرکانسهای طبیعی 71
4-10-1- پوسته بدون سیال درونی با استرینگر های دارای ارتفاع متغیر 71

4-10-2- پوسته با سیال درونی با استرینگرهای دارای ارتفاع متغیر 73
4-11- بررسی فرکانسهای طبیعی پوسته تقویت شده با رینگهای دارای خروج از مرکزی متفاوت و بدون سیال درونی 74
4-12- بررسی فرکانسهای طبیعی پوسته تقویت شده با رینگهای دارای خروج از مرکزی متفاوت با سیال درونی 75
4-13- بررسی تاثیر نسبت شعاع به ضخامت بر فرکانس های طبیعی پوسته بدون تقویت کننده و سیال 76
4-14- بررسی تاثیر نسبت شعاع به ضخامت بر فرکانس های طبیعی پوسته بدون تقویت کننده و دارای سیال درونی 77
4-15- تاثیر میزان سیال درون پوسته بر فرکانسهای طبیعی 78
فصل پنجم 80
بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک 80
5-1- دلیل استفاده از الگوریتم ژنتیک 81
5-2- مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک 82
5-2-1- عملگر تقاطع (crossover) 82
5-2-2- عملگر جهش (mutation) 83
5-3- شرط توقف الگوریتم ژنتیک 83
5-4- همگرایی الگوریتم ژنتیک 84
5-5- بهینه سازی با بیش از یک معیار بهینگی: 84
5-5-1- تعیین متغیرهای بهینه سازی 85
5-5-2- تشکیل تابع هدف 85
5-5-3- قیود مسئله 85
5-5-4- تعیین روش بهینه سازی 86
5-3- بدست آوردن حالتهای بهینه ارتعاشات آزاد با استفاده از الگوریتم ژنتیک 86
5-3-1- بدست آوردن بهترین زوایای الیاف برای پوسته کامپوزیتی لایهای 86
5-3-2- بدست آوردن مقطع مستطیلی بهینه برای استرینگر در حالت بدون مایع 88
5-3-3- بدست آوردن مقطع مستطیلی بهینه برای استرینگر در حضور مایع درونی 89
5-3-6- بهینه سازی پوسته استوانهای تقویت شده با رینگ و استرینگر محتوی مایع 91
5-3-7- بهینه سازی با مساحت مقطع تقویت کننده مجهول و در نظر گرفتن قید وزن 93
فصل 6 96
نتیجه گیری و پیشنهادات 96
6-1- نتایج 97
6-2- پیشنهادات برای پژوهشهای آتی 97
منابع 99

فهرست اشکال

شکل 2-1: پوسته استوانهای به همراه محورهای مختصات 12
شکل 2-2: نحوه قرار گیری لایهها در لمینیت و زاویه الیاف 15
شکل 2-3: زاویه الیاف با راستای اصلی در هر لایه 16
شکل 2- 4 19
شکل 2-4: فاصله هر یک از لایه ها تا سطح میانی 20
شکل 2-5: مفهوم عناصر ماتریس سفتی 24
شکل 2-6: تفاوت زاویه خط عمود بر سطح میانی در تئوری برشی مرتبه 1 و تئوری کلاسیک 25
شکل 2-4 (تکراری): فاصله لایه ها از سطح میانی 30
شکل 2-7 : مود های محیطی ارتعاش 35
شکل 2-8 : مود های طولی ارتعاش 35
شکل 2-9: پوسته تقویت شده با رینگ و استرینگر 36
شکل 2-10: مقطع یک تقویت کننده 37
شکل 2-11 : تغییر ارتفاع استرینگر در طول آن 41
شکل 4-1- توزیع متغیر خروج از مرکزی رینگها روی پوسته 62
شکل 4-2- مقطع یک استرینگر 64
شکل 4-3- یکی از مودهای ارتعاشی رینگ ها 66
شکل 4-4- یکی از مودهای ارتعاشی استرینگر ها 66
شکل 4-5 توزیع متغیر ارتفاع بصورت سمهی، بالا سهمی دارای مینیمم و پایین سهمی دارای ماکزیمم 70
شکل 5-1- مقطع یک استرینگر 87

فهرست نمودارها

نمودار 2-1 فرکانسهای طبیعی در مودهای شعاعی، پیچشی و طولی.....48
نمودار 4-1 فرکانس طبیعی پوسته کامپوزیتی در مود های مختلف 59
نمودار 4-2- بررسی نسبت طول به شعاع بر روی فرکانسهای طبیعی 60
نمودار 4-3- فرکانسهای طبیعی پوسته استوانهای با لایه چینیهای مختلف 61
نمودار 4-5- فرکانسهای طبیعی برای پوسته تقویت شده با استرینگر با نسبت d/b مختلف برای استرینگر ها بدون سیال درونی 64
نمودار 4-6- فرکانسهای طبیعی برای پوسته تقویت شده با استرینگر با نسبت d/b کوچکتر از 1 برای استرینگرها بدون سیال درونی 65
نمودار 4-7- فرکانسهای طبیعی برای پوسته کامپوزیتی با مایع درونی دارای چگالی های مختلف.....67
نمودار 4-8- فرکانسهای طبیعی برای پوسته تقویت شده با استرینگر با نسبت d/b مختلف برای استرینگرها با سیال درونی .68
نمودار 4-9- فرکانسهای طبیعی برای پوسته تقویت شده با استرینگر با نسبت d/b کوچکتر از 1 برای استرینگرها و با سیال.69
نمودار 4-10- تاثیر خارج از مرکز متغیر استرینگر بر فرکانس های طبیعی پوسته بدون مایع درونی.....71
نمودار 4-11- تاثیر خارج از مرکز متغیر استرینگر بر فرکانس های پایه پوسته بدون مایع درونی.....72
نمودار 4-12- تاثیر خارج از مرکز متغیر استرینگر بر فرکانس های طبیعی پوسته با مایع درونی 73
نمودار 4-13- تاثیر خارج از مرکزی متغیر استرینگر بر فرکانس های پایه پوسته با مایع درونی.....74
نمودار 4-14- تاثیر خارج از مرکزی متغیر رینگها بر فرکانس های طبیعی پوسته بدون مایع درونی 75
نمودار 4-15- تاثیر خارج از مرکزی متغیر رینگها بر فرکانسهای طبیعی پوسته با مایع درونی 76
نمودار 4-16- تاثیر نسبت شعاع به ضخامت بر فرکانسهای طبیعی پوسته بدون مایع درونی.....76
نمودار 4-17- تاثیر نسبت شعاع به ضخامت بر فرکانسهای طبیعی پوسته با مایع درونی.....77
نمودار 4-18- تاثیر ارتفاع سیال بر فرکانس های طبیعی پوسته با مایع درونی 78
نمودار 5-1- بالاترین فرکانسهای طبیعی در هر نسل برای الیاف با زوایای مختلف 86
نمودار 5-2- بالاترین فرکانسهای طبیعی در هرنسل برای نسبتهای مختلف d/b.....88
نمودار 5-3- بالاترین فرکانسهای طبیعی برای پوسته محتوی مایع در هرنسل برای نسبتهای مختلف d/b.....89
نمودار 5-6- روند تغییرات تابع برازندگی در نسلهای مختلف 92
نمودار 5-7- روند تغییرات تابع برازندگی در نسلهای مختلف 94

فهرست جداول

جدول 3-1 مقایسه نتایج برای پوسته کامپوزیتی بدون سیال..... 50
جدول 3-2- مقایسه نتایج مربوط به پوسته ایزوتروپ تقویت شده با استرینگر بدون سیال درونی 51
جدول 3-3- مقایسه نتایج مربوط به پوسته ایزوتروپ تقویت شده با رینگ و استرینگر بدون سیال درونی 52
جدول 3-4- مقایسه نتایج مربوط به پوسته ایزوتروپ تقویت شده با رینگ بدون سیال درونی 53
جدول 3-5- مقایسه نتایج مربوط به پوسته ایزوتروپ با سیال درونی..... 53
جدول 3-6- مقایسه نتایج مربوط به پوسته کامپوزیتی تقویت شده با استرینگر و رینگ بدون سیال درونی با نرمافزارabaqus 55
جدول 3-7- مقایسه نتایج مربوط به پوسته ایزوتروپ محتوی سیال درونی با نرمافزار ansys 56
جدول 4-1- مشخصات مواد مختلف مورد استفاده در این فصل..... 58
جدول 4-2- فرکانسهای طبیعی پوسته دارای جنسهای مختلف 61

فصل اول

مقدمه

1-1- مقدمه ای بر پوسته های استوانه‌ای تقویت شده

دینامیک پوسته های استوانه‌ای نازک در دهه‌های اخیر بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است. در سالهای گذشته این مطالعات بیشتر بر اساس تئوری کلاسیک پوسته‌ها صورت پذیرفته است. بسیاری از موارد مهندسی مانند صنایع پتروشمی، تجهیزات پروسه های شیمیایی، صنایع تولید نیرو، انتقال آب و ... نیازمند مخازن و لوله‌هایی که برای ذخیره سازی و انتقال مایعات می باشند. این گونه موارد نیاز به مطالعه درباره مخازن و پوسته‌های استوانه ای را بیش از پیش مطرح می کند.

با توسعه صنایع مهندسی و ظهور برخی مواد جدید مانند کامپوزیتها، لزوم پرداختن به تئوری‌های مربوط به پوسته‌های ضخیم‌تر احساس شد. محققان پی بردند که استفاده از تئوری کلاسیک پوسته‌ها برای پوسته‌های ضخیم‌تری همچون پوسته‌های کامپوزیتی لایه‌ای، می تواند منجر به خطاهای قابل توجهی در فرکانسهای طبیعی شود. زیرا کامپوزیتها نسبت استحکام به وزن بالایی دارند ولی در مقایسه با فلزات چگالی پایینتری دارند. این امر منجر به افزایش نسبت ضخامت به شعاع در پوسته-های کامپوزیتی در مقایسه با پوسته‌های مشابه فولادی می‌شود و استفاده از تئوری کلاسیک پوسته-های نازک برای آن منجر به خطاهای قابل توجه خواهد شد.

موارد گفته شده پژوهشگران را بر آن داشت که به تئوری های مرتبه اول و مراتب بالاتر روی آورند. در این تحقیق نیز تئوری مرتبه اول برشی پوسته مورد استفاده قرار گرفته است. در مقایسه با تئوری کلاسیک و تئوریهای مراتب بالاتر، تئوری مرتبه اول برشی ترکیبی از دقت بیشتر نسبت به تئوری کلاسیک و البته محاسبات کمتر نسبت به تئوری های مراتب بالاتر است.

1-2- مروری بر کارهای گذشته:

1-2-1- پژوهشهای انجام شده در زمینه پوسته کامپوزیتی

در سال 1992 ، هاواکس و سولداتور (T.D.Hawakes & K.P. Soldator) [1]، ارتعاشات آزاد متقارن محوری استوانه‌های تو خالی لایه‌ای (cross ply) ارتوتروپیک مطالعه نمود. آن‌دو با استفاده از روش حل ناویر، مسئله را با استفاده از یک روش تقریب متوالی حل کردند و استوانه توخالی را بصورت n استانه هم محور جدار نازک در نظر گرفتند. با کنار هم قرار دادن تمام جوابهای دقیق بدست آمده و استفاده از شرایط پیوستگی صحیح، جواب نظیر معادله حاکم بدست می‌آید

در سال 1996 ، راند و استاوسکی (O. Rand & Y. Stavsky) [2] پاسخ و فرکانسهای ویژه را برای پوسته‌های استوانه‌ای لایه‌ای دوار و تحت شرایط مرزی مختلف مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از تئوری تقریب لاو و روش گالرکین استفاده شده است. آنها نشان دادند که سفتی محیطی یکی از مهمترین عوامل در محاسبه فرکانسهای طبیعی است.

در سال 1998 لام و لوی (K.Y.Lam &C. T. Loy) [3] اثر شرایط مرزی را بر یک پوسته استوانه‌ای دوار جدار نازک مطالعه نمودند. در این پژوهش از تئوری لاو و روش گلرکین استفاده شده و نتایج با منابع دیگر صحه گذاری شده است. پوسته مورد مطالعه دارای آرایش لایه‌ای [0 ،90 ،0] است. با افزایش تعداد موجهای محیطی، فرکانسها در شرایط مرزی مختلف به هم نزدیک می‌شوند. همچنین با افزایش موجهای محیطی فرکانسها ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابند.

در سال 1999 لی و کیم (Y. S. Lee & Y. W. Kim) [4] اثرات شرایط مرزی را بر روی فرکانسهای طبیعی برای پوسته های استوانه‌ای کامپوزیتی دوار با تقویت کننده‌های عمود بر هم بررسی کرده‌اند. از تئوری پوسته لاو و تئوری تقویت کننده‌های مجزا استفاده کردند و روش ریلی-ریتز را بکار بردند.

در سال 2000 کدیور و سامانی [5] ارتعاشات آزاد پوسته‌های استوانه‌ای جدار ضخیم کامپوزیتی دوار را بر اساس روش ناویر و تئوری لایه‌ای و استفاده از روش انرژی، بررسی کردند. پوسته تحت شرایط مرزی دو سر ساده مورد مطالعه قرار گرفته و فرکانسهای طبیعی چرخش منفی از فرکانسهای طبیعی چرخش مثبت، بزرگتر بدست آمد.

در سال 2002 ژائو و همکاران (X.Zhao) [6] آنالیز ارتعاشی پوسته‌های استوانه‌ای لایه‌ای دوار را با تقویت کننده‌های طولی و محیطی تحت شرایط مرزی دو سر ساده، بر اساس تئوری مرتبه اول لاو و با استفاده از روش انرژی بررسی کردند. آنها با مقایسه نتایج کار خود با نتایج آزمایشات و نتایج عددی صحت یافته هایشان را تضمین کردند. با افزایش تعداد تقویت کننده ها، فرکانس افزایش می-یابد.

در سال 2009، رمضانی و احمدیان، [7] با ترکیب تئوری لایه مجزا و روش انتشار موج توانستند تمامی شرایط مرزی متداول در تحلیل ارتعاش آزاد پوسته سیلندری چرخان را مورد ارزیابی قرار دهند. در این تحقیق اثر شتاب گریز از مرکز و کریولیس روی مودهای طولی و محیطی بررسی شده است. اثرات پارامترهای پوسته h/R، L/R و سرعت زاویه Ω، بر روی فرکانس‌های طبیعی بررسی شده است.

در سال 2009، Ahmad & Naeem، [8] معادلات دینامیک پوسته را با استفاده از تئوری پوسته نازک سندرز و بودیانسکی بدست آورده‌اند. این معادلات را با روش انتشار موج حل کرده و مشخصه‌های ارتعاشی پوسته دوار FGM را برای شرایط مرزی مختلف و ابعاد هندسی متفاوت بدست آورده‌اند. توابع جابجایی بصورت توابع نهایی در نظر گرفته شده است. تغییرات فرکانس متنا-سب با توان نمایی مشخصه جنس FGM بوده و نشان داده شده که موج پسرو بزرگتر از موج پیشرو است.

در سال 2010، Lee & Waas، [9] مشخصات انتشار موج در سیلندر کامپوزیتی نازک که با استرینگرها و رینگها در فواصل منظمی تقویت شده‌اند با استفاده از تئوری سازه پریودیک مورد

بررسی قرار دادند و ثابتهای انتشار موج در جهت طولی و محیطی پوسته سیلندری را در مود محیطی با نیم موج طولی محاسبه کردند و از تحلیل ارتعاشی جهت صحه گذاری روش مذکور استفاده نمودند. اثر جنس پوسته و ابعاد تقویت کننده‌ها بر روی مشخصات انتشار موج با روش تحلیلی بررسی شده است.

1-2-2- پژوهش های انجام شده در باره پوسته های تقویت شده:

اولین بار در دهه 50 میلادی Kenedick & Nash [10,11] رفتار کمانش الاستیک پوسته تقویت شده محیطی با تکیه گاه ساده تحت فشار هیدرو استاتیک مورد مطالعه قرار گرفت. بار کمانش با استفاده از تابع مثلثاتی که تغییر مکان شعاعی را تقریب می‌زد از روش ریلی ریتز بدست آمد.

در سال 1955 Galletly [12] ، ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای تقویت شده با رینگ دارای تکیه گاههای ساده را بررسی کرد.

در سال 1963 Baruch & Singer [13]، اثر خارج از مرکزی تقویت کننده رینگ و استرینگر بر ناپایداری عمومی پوسته استوانه‌ای تقویت شده با تکیه گاه ساده، تحت فشار هیدرو استاتیک را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج بدست آمده، رینگ داخلی و استرینگر خارجی بیشترین اثر را در افزایش بار بحرانی در حالت فشار هیدرو استاتیک دارند و عموما بهترین ترکیب رینگ و استرینگر می باشند. در این حالت بارگذاری، تاثیر استرینگر در سفتی پوسته کمتر از رینگ است.

در سال 1965 .Mikulas et al [14] معادله تعادل دینامیکی و شرایط مرزی برای پوسته های استوانه‌ای تقویت شده با استرینگر و رینگ را از روش انرژی (اصل همیلتون) و با استفاده از روش متوسط گیری بدست آوردند. نتایج نشان داد که برای پوسته استوانه‌ای با تقویت کننده طولی، تقویت کننده‌های بیرونی تقریبا 35% بیشتر از تقویت کننده‌های داخلی فرکانس طبیعی را افزایش می‌دهند.

در سال 1966 .Mcelman et al [15] ،خصوصیات دینامیکی و کمانش پوسته‌های استوانه‌ای تقویت شده خارج از مرکز را از لحاظ تئوری مورد بررسی قرار داد. نتایج حاکی از این بود که خارج از مرکزی تقویت کننده‌ها تاثیر زیادی بر رفتار دینامیکی و بار کمانش پوسته دارد. برای پوسته استوانه-ای تقویت شده طولی، تقویت کننده خارجی در مقایسه با تقویت کننده داخلی تا 35% فرکانسهای طبیعی بالاتری دارد.

در سال 1968 Egle & Sewall [16]، ارتعاشات آزاد پوسته‌های استوانه‌ای تقویت شده با رینگ و استرینگر با شرایط مرزی مختلف را مورد بررسی قرار دادند. تقویت کننده‌ها بصورت المانهای مجزا در نظر گرفته شدند و از روش انرژی و اصل همیلتون برای بدست آوردن معادلات حرکت استفاده شده است.

در سال 1970 Al-Najafi & Warburton [17] ، با استفاده از روش اجزای محدود، با المان‌های متقارن محوری، فرکانسهای طبیعی و شکل مودهای ارتعاشی پوسته استوانه‌ای نازک با رینگهای تقویت کننده را بدست آوردند. برای پوسته تقویت نشده با تکیه گاه‌های آزاد، بین نتایج روش اجزای محدود با 30 المان و نتایج تجربی مطابقت خوبی مشاهده شد.

در سال 1972 Rinehart & Wang [18] ارتعاشات آزاد پوسته تقویت شده با استرینگر و دارای تکیه گاه ساده را از روش انرژی (لاگرانژ) مورد بررسی قرار دادند. استرینگرها بصورت المانهای مجزا مدل شدند و از تئوری تیر جدار نازک ولاسف برای آنها استفاده شده و برای پوسته از تئوری ساده شده دانل و دقیقتر فلوگ استفاده شده است. برای پوسته در جهت طولی، شکل مود سینوسی و در جهت محیطی از سری فوریه استفاده شده است

در سال 1974 Rosen & Singer [19] ، ارتعاشات پوسته تقویت شده تحت بار محوری را بصورت تئوری و تجربی مورد بررسی قرار دادند. این پوسته دارای تقویت کننده‌هایی در جهت طولی و محیطی در فواصل نزدیک به هم و یکسان است. با توجه به نزدیک بودن فاصله بین تقویت کننده-ها، اثر آنها از طریق متوسط گیری با در نظر گرفتن خارج از مرکزی، در نظر گرفته شد. ذکر این نکته لازم است که از دیدگاه دینامیکی می‌توان بار کمانش را بعنوان بار فشاری که به ازای آن فرکانس پایه سیستم به صفر برسد، تعریف نمود هرچند که بار کمانش پارامتری استاتیکی است نه دینامیکی.

در سال 1987 Mustafa & Ali [20] ارتعاشات پوسته های استوانه‌ای تقویت شده و ورقهای خمیده استوانه‌ای تقویت شده را با استفاده از روش المان محدود، مورد تحلیل قرار دادند. در این تحقیق استفاده از یک المان پوسته هشت گرهی برتر معرفی شد و نتایج بدست آمده با نتایج تجربی مقایسه شد. از ترکیب 4 المان 4 گرهی، یک المان 9 گرهی بدست آمد و از طریق بررسی دینامیکی، گره مرکزی نهم حذف گردید. برای پوسته با تقویت کننده طولی با شرایط مرزی تکیه گاهی ساده (SD)، با مقایسه المان 9 و 8 گرهی و نتایج تجربی، اختلاف قابل توجهی بین نتایج المان 9 و 8 گرهی دیده نشد، ضمن اینکه درجه آزادی سیستم نیز کاهش یافته و زمان اجرای برنامه کم شد.

در سال 1989 Mustafa & Ali [21] تحلیل ارتعاشات آزاد پوسته‌های استوانه‌ای تقویت شده با رینگ و استرینگر، با تکیه گاه ساده، را بر پایه اصل پیوستگی انرژی سیستم و کاربرد روش ریلی-ریتز انجام دادند. محل قرارگیری تقویت کننده‌ها برروی پوسته، دلخواه و جنس و ابعاد آنها نیز می-تواند متفاوت باشد. برای پوسته با 4 استرینگر داخلی، مقادیری که برای فرکانس طبیعی بدست آمده با مقادیر تجربی حداکثر 5/9% است.

در سال 1994 Lim & Liew [22] ارتعاشات آزاد خمشی پوسته های استوانه‌ای کوتاه را با شرایط مرزی مختلف مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق توابع ریتز بصورت چند جمله ای بصورت چند جمله ای در نظر گرفته شدند.

در سال 1995 .Swaddiwudhipong et al، [23] ارتعاشات آزادپوسته‌های استوانه‌ای با تکیه گاه‌های صلب میانی را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از تئوری دانل و روش ریلی-ریتز برای بدست آوردن فرکانسهای طبیعی و شکل مود های ارتعاشی استفاده شد و اثر تکیه گاههای میانی و موقعیت آنها بر روی فرکانسهای طبیعی بررسی گردید. با مقایسه نتایج بدست آمده از این تحلیل با دیگر مراجع، تعداد جملات مورد نیاز برای همگرایی جوابها بدست آمد.

در سال 1997 .Wang et al [24] با استفاده از روش ریلی-ریتز ارتعاشات آزاد پوسته‌های استوانه‌ای تقویت شده با رینگ و با شرایط مرزی مختلف را مورد بررسی قرار دادند. بر خلاف کارهای انجام شده قبلی در این تحقیق، توزیع موقعیت مکانی و خارج از مرکزی می‌تواند دلخواه و غیر یکنواخت باشد. همچنین جنس رینگها می تواند مختلف و حتی متفاوت با جنس پوسته باشد. توابع جابجایی ریتز بصورت توابع چند جمله‌ای، به گونه‌ای در نظر گرفته شدند که بتوانند انواع شرایط مرزی را ارضا نمایند. با افزایش ترمهای این توابع چند جمله‌ای، نتایج همگرایی بهتری خواهند داشت.

در سال 1999 Lee & Kim [25] اثر شرایط مرزی مختلف را بر روی فرکانسهای طبیعی پوسته استوانه‌ای کامپوزیتی دوار با تقویت کننده‌های رینگ-استرینگر با استفاده از تئوری پوسته Love مورد بررسی قرار دادند. تقویت کننده‌ها بصورت المانهای مجزا مدل شدند و از روش ریلی-ریتز برای بدست آوردن معادلات حرکت استفاده شد. برای ارتعاشات مود محوری از توابع مودال تیر و در جهت محیطی از توابع مثلثاتی برای تغییر مکانها استفاده شد.

در سال 2001 Ruotolo [26] برای محاسبه فرکانسهای طبیعی پوسته استوانه‌ای تقویت شده با رینگ و استرینگر، تئوری های مختلف پوسته های نازک شامل دانل، لاو، ساندرز و فلوگ را با هم مقایسه کرد و نتیجه گرفت که با افزایش سختی خمشی پوسته در اثر وجود رینگ، تئوری دانل نسبت به سایر تئوری ها نتایج ضعیف و غیر دقیق می دهد. او برای پژوهش خود از روش متوسط گیری تقویت کننده‌ها (smearing) استفاده نمود.

در سال 2002 Chen & Li [27] ارتعاشات آزاد پوسته های استوانه ای ارتوتروپیک تحت فشار هیدرواستاتیک با شرایط مرزی تکیه گاه ساده را بر اساس تئوری فلوگ تحلیل کردند. اثر پارامترهای بدون بعد L/R , h/R و خواص مکانیکی مواد بر ارتعاش آزاد مورد بررسی قرار گرفتند و اختلاف در نتایج بدست آمده بر اساس تئوریهای مختلف نظیر لاو- تیموشنکو، دانل و فلوگ بررسی شده است.

در سال 1381 جعفری و پوررفعتی [28] ارتعاشات پوسته های استوانه‌ای تقویت شده با استرینگر و رینگ را از روش تحلیلی و المان محدود انجام دادند. برای روش المان محدود از نرم افزار Ansys استفاده شد. معادلات حرکت از طریق روش نیوتن بدست آمدند و اثر تقویت کننده‌ها به دو صورت معادل سازی پوسته ارتوتروپ و همچنین روش متوسط گیری وارد معادلات شد. در نهایت این نتیجه حاصل شد که استرینگر خارجی و رینگ داخلی بیشترین تاثیر را بر افزایش فرکانس طبیعی دارند و همچنین نتایج روش متوسط گیری به نتایج المان محدود نزدیکتر بوده است.

در سال 1381 شاکری، فریبرز، علی بیگلو و تیز فهم [29] تحلیل کمانش الاستیک پوسته تقویت شده با رینگ و استرینگر را که دارای بریدگی است را انجام دادند. اثر تقویت کننده ها از روش استحکام معادل وارد معادلات شد. تحلیل برای تکیه گاه ساده و گیردار انجام گرفت و برای پوسته با بریدگی، از نرم‌افزار المان محدود NISA II استفاده شد. نتایج بدست آمده از حل تحلیلی با نتایج المان محدود و همچنین نتیجه مراجع دیگر مقایسه شد و مطابقت خوبی مشاهده شد.

1-2-3- کارهای انجام شده در زمینه پوسته دارای سیال درونی:

در سال 1997 M. Amabili [30] ارتعاشات مخزنی حاوی مایع غیر ویسکوز و تراکم ناپذیر را بدست آورد که در آن سطح آزاد مایع عمود بر محور استوانه است. این مخزن با یک پوسته استوانه ای دو سر ساده مدل گردیده که دو صفحه دایروی بطور مصنوعی به دو سر آن متصل شده است. فرض شده است که صفحه مذکور بر یک پایه الاستیک (winkler) تکیه دارد. از اثرات ارتعاشات سطح آزاد مایع و فشار هیدرواستاتیک صرف نظر شده و برای محاسبه شکل مودها از روش ریلی-ریتز استفاده شده است.

در سال 1998 Amabili و همکاران [31] ، ارتعاشات آزاد مخزن استوانه‌ای حاوی مایع غیر ویسکوز و تراکم ناپذیر و تقویت شده با رینگ را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش اثرات موجهای سطحی سیال در نظر گرفته شده است. در این تحقیق تنها تغییرات شعاعی مد نظر قرار گرفته و تغییرات طولی و محیطی صفر فرض شده است.

در سال 2000 Kwi-Ja Kim & Kyeong-Hoon Jeong [32] ، مدلی تحلیلی از ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای دارای سیال تراکم پذیر کراندار ارائه کردند. روش تحلیلی توسط سری محدود فوریه بسط داده شده است. حرکت مایع تراکم پذیر کوپله شده با پوسته با استفاده از تئوری خطی شده پتانسیل سرعت محاسبه گردیده است. از پاسخهای بدست آمده چنین نتیجه گیری می‌شود که افزایش تراکم پذیری سیال موجب کاهش فرکانسهای طبیعی خواهد شد.

در سال 2001 ژانگ و همکاران (Y.L. Zhang) [33] ، ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای دارای مایع درونی را با استفاده از روش انتشار موج بررسی کردند. با مقایسه نتایج این روش و روش عددی المان محدود درستی روش مذکور تایید شد. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این امر است که تاثیر مایع درونی بر فرکانسهای طبیعی قابل توجه است و در نظر نگرفتن آن، خطای بالایی را منجر خواهد شد.

در سال 2003 ، ژانگ و همکاران (Y.L. Zhang) [34]، ارتعاشات پوسته های استوانه ای پیش تنیده حاوی مایع را مورد مطالعه قراردادند. در این تحقیق جریان یکنواخت سیال توسط تابع پتانسیل سرعت و حرکت پوسته توسط تئوری پوسته ساندرز، مدل گردیده است. برای بدست آوردن ماتریس سفتی منتج شده از تنش اولیه، روابط کرنش- جابجایی استفاده شده است که این تنش اولیه بر اثر

فشار هیدرواستاتیک بوجود آمده است. فشار هیدرواستاتیک وارده بر پوسته توسط شرایط مرزی سیال جامد در مرز تماس بدست آمده است. سرانجام معادلات بدست آمده توسط روش المان محدود حل شده است.

در سال 2005 (H. Gunawan Tj) [35]، ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای را بر روی پایه‌های الاستیک از روش نیمه تحلیلی المان محدود بررسی کردند. پوسته بصورت المانهای استوانه‌ای در نظر گرفته شده بود. ناحیه سیال توسط تئوری پتانسیل جریان شرح داده شده است. فشار هیدرودینامیکی اعمال شده بر پوسته از شرایط کوپل دینامیکی ساختار سیال بدست می‌آید. در این پروژه اثرات سیال درونی، ساختار، هندسه پوسته، پارامترهای پایه، بر روی رفتار دینامیکی پوسته حاوی سیال بررسی شده است.

در سال 1999 ساراوانان و همکاران (C. Saravanan) [36] روش مودی انرژی کرنشی را در اتصالات، به همراه تحلیل سه بعدی المان محدود برای شناخت خصوصیات اثرات تنش‌های صفحه‌ای و بین لایه‌ای پوسته‌های استوانه‌ای کامپوزیتی پر شده از مایع مورد استفاده قرار دادند. اثرات زوایای الیاف، ارتفاع سیال، ابعاد پوسته و ترتیب انباشتگی در توزیع تنشهای صفحه‌ای و بین لایه‌ای به دمپینگ کلی سیستم پر شده از سیال، مورد مطالعه قرار گرفته است.

در سال 2001 تورانی و لاکیس (M. H. Toorani & Lakiss) [37] ارتعاشات آزاد پوسته استوانه‌ای انیزوتروپیک را که در تماس با سیال ایده آل قرار دارد را بر پایه تئوری بهبود یافته پوسته که اثرات برش عرضی و اینرسی چرخشی را به حساب آورده، مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق جابجایی‌ها و چرخش‌های پوسته و همچنین فشار دینامیکی سیال توسط روش ترکیبی المان محدود بررسی شده‌است.

در سال 2003 تورانی و لاکیس [38] ، خصوصیات ارتعاشی پوسته استوانه ای انیزوتروپیک نیمه پر شده از مایع را برای دو مود محیطی مورد مطالعه قراردادند. این دو مود عبارتند از مود متقارن محوری (n=0) و حالت شبه تیر (n=1) اثر تغییرات برش عرضی در این پروژه مورد محاسبه قرار گرفته است بنابراین معادلات حرکت بوسیله تغییر شکلها و برش عرضی بصورت متغیر های مستقل بدست آمده‌اند

در سال 2004 زو و همکاران (G. P. Zou) [39] ، روشی تحلیلی بر اساس متغیرهای جزء به جزء به منظور بررسی ارتعاشات تهییج شده توسط مایع برای خط لوله های کامپوزیتی ارایه کردند. در این پروژه تنها مودهای خمشی لوله‌هایی با تکیه گاه یک سر گیردار بررسی شده‌اند.

1-2-4- کارهای انجام شده در زمینه بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک اولین بار در سال 1975 توسط Holland پیشنهاد شد و تا به امروز توسط محققین بسیاری از جمله، Goldberg [40] و Cheng [41] بصورت گسترده‌ای توسعه داده شد.

در سال 1985 DeJong امکان استفاده از الگوریتم ژنتیک را برای بهینه سازی توابع عمومی مورد مطالعه قرار داد. او نشان داد که الگوریتم ژنتیک توانایی یادگیری بر اساس تاریخچه زمانی را دارد و به همین خاطر در زمینه بهینه سازی به طور موثری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در سالهای اخیر استفاده از الگوریتم ژنتیک در زمینه های مختلف علوم و مهندسی بطور گسترده ای رو به رشد بوده است. در زمینه پوسته‌های استوانه‌ای کاپوزیتی، مطالعات انجام شده شامل Callahan & Weeks [42] ، Nagendra et al. 1996 [43]. Messager et al. 2002 [44] ، 1992 ، Park et al. 2003 [45] ، Walker & smith [46] 2003 و Adams et al. 2004 [47] برای بهینه سازی چیدمان و تعداد لایه‌ها جهت دستیابی به حداکثر استحکام و حداقل وزن را می‌توان نام برد.

در سال 2001 Tabakov [48] با استفاده از الگوریتم ژنتیک طراحی بهینه چند بعدی کامپوزیت‌های لایه‌ای را به منظور افزایش تحمل فشار داخلی انجام داد. در این تحقیق زوایای الیاف متغیرهای بهینه سازی بوده و نویسنده نشان داد که الگوریتم ژنتیک برای کارهای مهندسی روشی مفید است و به سرعت مقدار برازندگی را بهبود می‌بخشد و هر دو نوع متغیر های طراحی گسسته و پیوسته را منظور می‌کند و نتایج با حل های بدست آمده از روش الاستیسیته دقیق مطابقت خوبی دارند.

در سال 2002 G. Soremekun, Z. Gurdal, C. kassapoglu, D. Toni [49] روش استفاده از الگوریتم ژنتیک را برای ترکیب دو بعدی و چیدمان پنلهای کامپوزیتی لایه‌ای به منظور کاهش وزن و کاهش هزینه ساخت نشان دادند. آنها از روش نرم‌افزاری و الگوریتم ژنتیک استفاده کردند در حالی که زوایای الیاف و چیدمان لایه‌ها متغیر های مسئله هستند.

در سال 2009، Azarafza et al، [50] بهینه سازی وزنی و پاسخ دینامیکی پوسته استوانه‌ای کامپوزیتی را با روش الگوریتم ژنتیک انجام دادند. قیدهای برنامه شامل بار بحرانی کمانش و کرنشهای اصلی پوسته بودند. 9 متغیر در نظر گرفته شده در طراحی عبارت بودند از خواص ماده (الیاف و ماتریس)، درصد حجمی الیاف، جهت الیاف و ضخامت هر لایه

1-2-5- کارهای انجام شده در این پژوهش:

در پژوهش حاضر، ارتعاشات آزاد پوسته های استوانه ای کامپوزیتی چند لایه با استفاده از تئوری برشی مرتبه اول بدست آمده است. پوسته دارای تقویت کننده بوده و محتوی مایع است. تقویت کننده‌ها بصورت عناصر مجزا مورد بررسی قرار گرفته و از روش smearing که دارای محدودیتهای بسیاری است استفاده نشده است. همچنین رینگها می‌توانند دارای خروج از مرکزهای متفاوت با

یکدیگر باشند و استرینگرها نیز می توانند در طول خود دارای خروج از مرکز متغییر باشند. مایع درون پوسته نیز سیال ایده آل فرض شده و از اثر امواج سطحی سیال نیز چشمپوشی شده است. در نهایت پوسته در شرایط مختلف برای رسیدن به ماکزیمم فرکانس طبیعی، با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه شده است.

در فصل اول به بررسی تحقیقات صورت گرفته تا به حال در زمینه پوسته های استوانه‌ای و پوسته های تقویت شده و پوسته‌های محتوی مایع، پرداخته شده و همچنین پژوهشهای صورت گرفته با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیز بررسی شده است. سپس کارهای انجام شده در پروژه حاصل بیان شده است.

در فصل دوم معادلات حاکم بر پوسته‌های استوانه‌ای لایه ای تقویت شده با روش انرژی بدست آمده است. انرژی جنبشی و پتانسیل برای پوسته و تقویت کننده‌ها استخراج شده همچنین انرژی جنبشی سیال محاسبه شده و با استفاده از روش ریلی-ریتز نحوه محاسبه فرکانسهای طبیعی در هر یک از شکل مودها بیان شده است.

در فصل سوم صحت نتایج بدست آمده با استفاده از منابع مختلف و همچنین نرم افزارهای المان محدود مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم به بررسی نتایج و بررسی پارامترهای مختلف و تاثیر آنها بر فرکانسهای طبیعی پرداخته و تاثیر این تغییرات در چند نمودار نمایش داده شده است.

در فصل پنجم نیز پس از بیان مشخصات الگوریتم ژنتیک و نحوه استفاده از آن حالات مختلف برای رسیدن به فرکانس طبیعی پایه ماکزیمم بهینه شدند.

در فصل ششم و فصل آخر نیز به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات برای کارهای آینده پرداخته شده است.

1-2-6- نوآوری های پژوهش حاضر

- پوسته استوانه ای کامپوزیتی تقویت شده با استفاده از تئوری برشی مرتبه اول، هم برای پوسته و هم برای تقویت کننده ها مدل شده است.
- تقویت کننده‌ها بصورت عناصر مجزا مدل شده‌اند و امکان بررسی ارتعاشات آزاد برای پوسته تقویت شده با رینگهای دارای خروج از مرکز متفاوت و همچنین استرینگرهایی که در طولشان خروج از مرکز متغیر دارند فراهم شده است.
- در محاسبه روابط انرژی جنبشی پوسته ترمهای اینرسی دورانی لحاظ شده و از آنها صرفه نظر نشده است.
- بهینه سازی فرکانس طبیعی پایه برای بهترین زوایای الیاف انجام شده و بهترین نسبت ارتفاع به عرض برای تقویت کننده ها و بهترین توزیع خارج از مرکزی در طول هر استرینگر بدست آمده است.

فصل دوم

معادلات حاکم بر پوسته کامپوزیتی تقویت شده با سیال درونی