دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – طراحی کاربردی

حل نیمه‌تحلیلی خیز و تنش در ورق دایره‌ای ساخته شده از ماده با تابع هدفمند در دو راستای ضخامت و شعاعی

اساتید راهنما:

جناب دکتر محمد شرعیات - جناب دکتر علی اصغر جعفری

نگارنده:

غلامرضا رضایی دشت‌آبادی

(۸۸۰۲۹۸۴)

بهمن ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
□ استاد راهنما			
□ استاد مشاور			
□ استاد مشاور			
□ استاد ممتحن			
□ استاد ممتحن			
□ نماینده تحصیلات تکمیلی			

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه: حل نیمه‌تحلیلی خیز و تنش در ورق دایره‌ای ساخته شده از ماده با تابع هدفمند در دو راستای ضخامت و شعاعی

اساتید راهنما: جناب آقای دکتر شرعیات- جناب آقای دکتر جعفری

نام دانشجو: غلامرضا رضایی دشت‌آبادی

شماره دانشجویی: ۸۸۰۲۹۸۴

اینجانب غلامرضا رضایی دشت‌آبادی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام گردیده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می‌باشد، و در مورد استفاده از کارهای انجام شده پیشین به مراجع مورد نظر اشاره گردیده است. همچنین گواهی می‌نمایم مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ گونه مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نگردیده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو

تاریخ

حق چاپ و تکثیر

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنهـــا با موافقت نویـــسنده، اساتید راهنما و یـــا کتابخانـــه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

تقدیم به ...

قدردانی و سپاس

اکنون که آخرین کلمات این پروژه را می نگارم ، بر خود واجب می دانم که از زحمات بی دریغ و راهنمایی های مؤثر و راهگشای اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر شرعیات و جناب آقای دکتر جعفری کمال تشکر را داشته باشم و از خداوند متعال توفیق روزافزون ایشان را خواستارم.

چکیده

در این پایان‌نامه، حل نیمه تحلیلی خیز و تنش در حالت استاتیکی ورق‌های دایره‌ای شکل ساخته شده از مواد با تابع هدفمند دوجهته (در راستای ضخامت و شعاعی) ارائه گردیده است. بدین منظور برای تحلیل از بین تئوری‌های متفاوت، تئوری کلاسیک انتخاب شده است. برای این کار فرضیات تئوری مذکور بررسی و معادلات آن استخراج شده و شرایط مرزی و شیوهٔ اعمال آنها نیز ارائه گردیده است. در ادامه فرضیات مواد با تابع هدفمند دوجهته، اعمال شده‌اند. برای حل مسئله از روش عددی تفاضل محدود استفاده شده است.

در ادامه برای حل مسئله و دستیابی به نتایج مد نظر، کد کامپیوتری مسئله نوشته شده و جواب‌های جابجایی و تنش برای مواد همسانگرد، مواد با تابع هدفمند یک جهته در راستاهای ضخامت و شعاعی و همچنین مواد با تابع هدفمند دوجهته ارائه و با نتایج نرم‌افزار ABAQUS و همچنین با نتایج مراجع معتبر صحه‌گذاری شده‌اند.

مقایسهٔ نتایج بدست آمده با نتایج ABAQUS و مراجع، گویای دقت مناسب حل‌های ارائه شده و همخوانی با جواب‌های موجود است. نتایج بدست آمده نشان می دهند که با انتخاب آرایش مناسب ویژگیهای مواد می توان به توزیع تنش یکنواخت‌تر و در نتیجه، استحکام بالاتری دست یافت.

کلمات کلیدی:

ورق دایروی، مواد با تابع هدفمند یک‌جهته، مواد با تابع هدفمند دوجهته، تئوری کلاسیک، اصل همیلتن، روش تفاضل محدود

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها ..... ت

فهرست نمودارها ..... ث

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ح

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- معرفی مواد با تابع هدفمند ۳

۱-۳- پیدایش مواد با تابع هدفمند ۷

۱-۴- مقدمه‌ای بر ماده با تابع هدفمند دوجهته ۱۰

۱-۵- فرآیند ساخت یک ماده با ساختار هدفمند ۱۱

۱-۶- کاربردهای مواد با تابع هدفمند ۱۵

۱-۷- مدل‌های تغییرات تدریجی خواص ماده در مواد با تابع هدفمند ۱۸

۱-۷-۱- مدل تابع توانی ۲۰

۱-۷-۲- مدل تابع هذلولی ۲۱

۱-۷-۳- مدل تابع نمایی ۲۲

۱-۷-۴- روش همگن سازی موری- تاناکا ۲۳

فصل ۲- تاریخچه‌ای بر مواد با تابع هدفمند ۲۵

۲-۱- مقدمه ۲۶

۲-۲- تاریخچه مواد با تابع هدفمند ۲۷

۲-۳- اهداف مد نظر در راستای پروژه ۲۹

۲-۴- ساختار پایان‌نامه ۳۰

فصل ۳- معرفی تئوری‌های حاکم بر ورق ۳۲

۳-۱- مقدمه ۳۳

۳-۲- دسته بندی تئوری‌های ورق ۳۴

۳-۲-۱- تئوری کلاسیک ورق ۳۵

۳-۲-۲- تئوری تغییر شکل برشی ورق ۳۷

۳-۲-۲-۱- تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول ورق‌ها ۳۸

فصل ۴- استخراج معادلات حرکت حاکم بر ورق دایره‌ای هدفمند دو جهته ۴۱

۴-۱- مقدمه ۴۲

۴-۲- استخراج معادلات حاکم بر یک ورق دایره‌ای هدفمند دو جهته ۴۳

فصل ۵- حل معادلات حرکت حاکم بر ورق دایره‌ای هدفمند دو جهته ۵۴

۵-۱- مقدمه ۵۵

۵-۲- حل معادلات حرکت حاکم بر ورق دایره‌ای هدفمند دو جهته ۵۶

۵-۳- روش تفاضل محدود ۵۶

فصل ۶- ارائه و تحلیل نتایج ۵۹

۶-۱- مقدمه ۶۰

۶-۲- ارئه نتایج ۶۱

۶-۲-۱- ورق همسانگرد فلزی ۶۴

۶-۲-۲- ورق سرامیکی ۶۷

۶-۲-۳- ورق با تابع هدفمند با m=۰/۵ ۶۹

۶-۲-۴- ورق با تابع هدفمند با m=۱ ۷۲

۶-۲-۵- ورق با تابع هدفمند با m=۲ ۷۴

۶-۲-۶- ورق با تابع هدفمند با n=۰/۵ ۷۸

۶-۲-۷- ورق با تابع هدفمند با n=۱ ۷۸

۶-۲-۸- ورق با تابع هدفمند دوجهته ۸۲

فصل ۷- جمع‌بندی و پیشنهادات ۹۱

۷-۱- مقدمه ۹۲

۷-۲- جمع‌بندی ۹۳

۷-۳- پیشنهادات ۹۴

پیوست ۹۵

مراجع ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : استوانه از جنس مواد با تابع هدفمند لایه لایه‌ای ۵
شکل ۱-۲: تغییرات خواص در ماده با تابع هدفمند به صورت شماتیک ۶
شکل ۱-۳: ماده با تابع هدفمند در راستای z ۱۰
شکل ۱-۴: ماده با تابع هدفمند در راستای r ۱۰
شکل ۱-۵: ماده با تابع هدفمند در راستای r,z ۱۰
شکل ۱-۶: روش نشت بخار مواد ۱۱
شکل ۱-۷: روش پاشش پلاسما ۱۲
شکل ۱-۸: نمایش گرافیکی برای n=۰/۲ ..... ۱۸
شکل ۱-۹: نمایش گرافیکی برای n=۰/۵ ..... ۱۹
شکل ۱-۱۰: نمایش گرافیکی برای n=۱ ..... ۱۹
شکل ۱-۱۱: نمایش گرافیکی برای n=۲ ..... ۱۹
شکل ۱-۱۲: تغییرات مدول یانگ در راستای ضخامت بر طبق مدل تابع توانی ۲۰
شکل ۱-۱۳: تغییرات مدول یانگ در راستای ضخامت بر طبق مدل تابع هذلولی ۲۱
شکل ۱-۱۴: تغییرات مدول یانگ در راستای ضخامت بر طبق مدل تابع نمایی ۲۲
شکل ۲-۱: ورق حلقوی هدفمند ۲۸
شکل ۲-۲: ورق با تابع هدفمند دارای ابعاد A×A و ضخامت h ۲۹
شکل ۲-۳: شکل شماتیک ورق حلقوی با شعاع داخلی r_i و خارجی r_o با بار یکنواخت q بر روی سطح ۳۰
شکل ۳-۱: نمودار آزاد ورق، تئوری کیرشهوف ۳۵
شکل ۳-۲: تغییر شکل صفحه عمود بر سطح میانی در تئوری مرتبه اول برشی ۳۸
شکل ۴-۱: المانی سه بعدی از ورق دایره‌ای با لحاظ نیروها و گشتاورها ۴۷
شکل ۵-۱: نمایش هندسی سه حالت تقریب سازی ۵۷
شکل ۵-۲: نحوه تقسیم‌بندی المانی در راستای ضخامت ۵۷
شکل ۶-۱ : شکل شماتیک ورق حلقوی با شعاع داخلی r_i و خارجی r_o و بار یکنواخت q بر روی سطح ۶۱
شکل ۶-۲ : شکل شماتیک مش‌بندی ورق حلقوی ۶۳
شکل ۶-۳ : شکل سه‌بعدی جابجایی در راستای z ورق همسانگرد فلزی با استفاده از نرم‌افزار ABAQUS ۶۴
شکل ۶-۴ : شکل سه‌بعدی جابجایی در راستای z ورق سرامیکی با استفاده از نرم‌افزار ABAQUS ۶۷
شکل ۶-۵ : شکل سه‌بعدی جابجایی در راستای z ورق با تابع هدفمند m=۰/۵ با استفاده از نرم‌افزار ABAQUS ۶۹
شکل ۶-۶ : شکل سه‌بعدی جابجایی در راستای z ورق با تابع هدفمند m=۱ با استفاده از نرم‌افزار ABAQUS ۷۲
شکل ۶-۷ : شکل سه‌بعدی جابجایی در راستای z ورق با تابع هدفمند m=۲ با استفاده از نرم‌افزار ABAQUS ۷۴

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار۶-۱ : مقایسه جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق همسانگرد فلزی ۶۵
نمودار۶-۲ : مقایسه تنش ورق همسانگرد فلزی در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۶۶
نمودار۶-۳ : تنش ورق همسانگرد فلزی در پایین‌ترین لایه در راستایz ۶۷
نمودار۶-۴ : مقایسه جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق سرامیکی ۶۸
نمودار۶-۵ : مقایسه جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمندm=۰/۵ ..... ۶۹
نمودار۶-۶ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت بام=۰/۵ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z. ۷۰
نمودار۶-۷ : تنش ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت بام=۰/۵ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۷۱
نمودار۶-۸ : مقایسه جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمند با m=۱ ..... ۷۲
نمودار۶-۹ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت با m=۱ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۷۳
نمودار۶-۱۰ : تنش ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت با m=۱ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۷۴
نمودار۶-۱۱ : مقایسه جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمند با m= ۲ ..... ۷۵
نمودار۶-۱۲ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت با m=۲ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۷۶
نمودار۶-۱۳ : تنش ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت با m= ۲ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۷۶
نمودار۶-۱۴ : مقایسه تنش چند ورق با تابع هدفمند در راستای ضخامت و ورق فلزی در پایین‌ترین لایه در راستایz ۷۷
نمودار۶-۱۵ : جابجایی بی‌بعد در راستای r صفحه میانی ورق با تابع هدفمند n=۰/۵ با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ۷۸
نمودار۶-۱۶ : جابجایی بی‌بعد در راستای r صفحه میانی ورق با تابع هدفمندn=۱ با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ۷۸
نمودار۶-۱۷ : مقایسه جابجایی‌های بی‌بعد صفحه میانی دو ورق با تابع هدفمند یک‌جهته بام=۰/۵ و n=۰/۵ ..... ۷۹
نمودار۶-۱۸ : مقایسه جابجایی‌های در راستای z صفحه میانی دو ورق با تابع هدفمند یک‌جهته با m=۱ و n=۱ ..... ۷۹
نمودار۶-۱۹ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند در راستای شعاعی با n=۰/۵ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۸۰
نمودار۶-۲۰ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند در راستای شعاعی با n=۱ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۸۱
نمودار۶-۲۱ : مقایسه تنش ورق‌های هدفمند در راستای شعاعی با n=۰/۵ و n=۱ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۸۱
نمودار۶-۲۲ : جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمند دوجهته با m=۰/۵ و n=۰/۵ ..... ۸۲
نمودار۶-۲۳ : جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمند دوجهته با m=۱ و n= ۱ ..... ۸۳
نمودار۶-۲۴ : جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمند دوجهته با m=۱ و n=۲ ..... ۸۳
نمودار۶-۲۵ : جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی ورق با تابع هدفمند دوجهته با m=۲ و n=۱ ..... ۸۳
نمودار۶-۲۶ : مقایسه جابجایی بی‌بعد صفحه میانی دو ورق با تابع هدفمند دوجهته m=۲،n=۱ با m=۱،n=۲ ..... ۸۴
نمودار۶-۲۷ : مقایسه جابجایی بی‌بعد در راستای z صفحه میانی چهار ورق با تابع هدفمند دوجهته ۸۴
نمودار۶-۲۸ : مقایسه جابجایی‌های ورق با تابع هدفمند یک‌جهته با ورق با تابع هدفمند دوجهته ۸۵
نمودار۶-۲۹ : مقایسه جابجایی‌های ورق با تابع هدفمند یک‌جهته با ورق با تابع هدفمند دوجهته ۸۶
نمودار۶-۳۰ : مقایسه جابجایی‌های دو ورق با تابع هدفمند یک‌جهته با چهار ورق با تابع هدفمند دوجهته ۸۶
نمودار۶-۳۱ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند دوجهته با n=۰/۵ و m=۰/۵ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۸۷
نمودار۶-۳۲ : تنش ورق با تابع هدفمند دوجهته با n=۰/۵ و m=۰/۵ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۸۷
نمودار۶-۳۳ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند دوجهته با n=۱ و m=۱ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۸۸

نمودار۶-۳۴ : تنش ورق با تابع هدفمند دوجهته با n=۱ و m=۱ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۸۸
نمودار۶-۳۵ : مقایسه تنش ورق با تابع هدفمند دوجهته با n=۱ و m=۲ در ارتفاع‌های مختلف در راستای z ۸۹
نمودار۶-۳۶ : تنش ورق با تابع هدفمند دوجهته با n=۱ و m=۲ در پایین‌ترین لایه در راستایz ۸۹
نمودار۶-۳۷ : مقایسه تنش ورق‌های هدفمند دوجهته در پایین‌ترین لایه در راستایz ۹۰

فهرست علائم اختصاری انگلیسی

u	مؤلفه جابجایی در جهت x
v	مؤلفه جابجایی در جهت y
w	مؤلفه جابجایی در جهت z
u_0	مؤلفه جابجایی اولیه در جهت x
v_0	مؤلفه جابجایی اولیه در جهت y
w_0	مؤلفه جابجایی اولیه در جهت z
r	جهت مختصاتی اول دستگاه مختصات واقع در صفحهٔ ورق
θ	جهت مختصاتی دوم دستگاه مختصات واقع در صفحهٔ ورق
z	جهت مختصاتی سوم دستگاه مختصات واقع در صفحهٔ ورق
$[Q]$	ماتریس ضرایب الاستیک
$[A]$	ماتریس غشایی ضرایب ثابت ماده
$[D]$	ماتریس خمشی ضرایب ثابت ماده
$[S]$	ماتریس برشی ضرایب ثابت ماده
E	مدول الاستیسیته
D	ثابت سفتی ورق
G	مدول برشی
K	ضریب تصحیح برش
H	ضخامت ورق
Q	بار پیوستهٔ عرضی
M_{ij}	مؤلفهٔ ممان بر واحد طول در صفحهٔ i در جهت j

N_{ij}	مؤلفهٔ نیروی درون صفحه‌ای بر واحد طول در صفحهٔ i در جهت j
Q_{ij}	مؤلفهٔ نیروی جانبی بر واحد طول عمود بر سطح ورق
$\hat{M}_{ij}$	مؤلفهٔ ممان بر واحد طول در صفحهٔ i در جهت j اعمالی از خارج به سیستم
$\hat{N}_{ij}$	مؤلفهٔ نیروی صفحه‌ای بر واحد طول در صفحهٔ i در جهت j اعمالی از خارج به سیستم
$\hat{Q}_{ij}$	مؤلفهٔ نیروی جانبی بر واحد طول در صفحهٔ i عمود بر ورق اعمالی از خارج به سیستم
U	انرژی کرنشی
V	انرژی کرنشی ناشی از نیروهای خارجی
K	انرژی کرنشی ناشی از نیروهای اینرسی
N	جهت یا برادر عمود بر سطح
t, s	جهت یا بردار مماس بر سطح
$\overline{w}$	خیز بی‌بعد
Q	بار بی‌بعد
a,b	شعاع خارجی و داخلی ورق
M	ماتریس جرم
K	ماتریس سختی
F	ماتریس نیرو
R	بردار بار
m,n	پارامترهای مربوط به خواص ماده با تابع هدفمند

فهرست علائم اختصاری یونانی

γ_{ij}	مولفه کرنش برشی در صفحه i در جهت j
$\{\gamma^0\}$	بردار کرنش‌های برشی
$\tilde{\varepsilon},\tilde{\gamma}$	مولفه‌های کرنش با در نظر گرفتن تغییر شکل‌های اولیه
$\{\varepsilon^0\}$	بردار کرنش‌های غشایی
$\{\varepsilon^1\}$	بردار کرنش‌های خمشی
ε_i	مولفه کرنش عمودی در جهت i
Π	انرژی پتانسیل
ρ	چگالی
σ_i	مولفه تنش عمودی در جهت i
τ_{ij}	مولفه تنش برشی در صفحه i در جهت j
ν	ضریب پواسون
ϕ_i	چرخش در صفحه xz (حول محور y)
ϕ_y	چرخش در صفحه yz (حول محور x)
ϕ_i	تابع شکل iام در تئوری کلاسیک
$\aleph_c$	کمیت مربوط به ورق سرامیکی
$\aleph_m$	کمیت مربوط به ورق فلزی
δ	جابجایی مجازی

فصل اول

مقدمه: معرفی مواد با تابع هدفمند

۱-۱- پیشگفتار

با توجه به گسترش روزافزون علوم جدید و اهمیت استفاده از مواد پیشرفته در سازه‌های مهندسی، لزوم استفاده از موادی چون مواد با تابع هدفمند بیش از پیش احساس می‌شود و با توجه به این احساس، نیاز به مطالعه و تحقیق در این زمینه جایگاه خاصی را در بین فعالیت‌های تحقیقاتی به خود اختصاص می‌دهد. در این فصل ضمن معرفی مواد با تابع هدفمند، مطالبی در ارتباط با فرایند ساخت و همچنین کاربردهای این مواد در علوم مختلف آورده شده است.

۱-۲- معرفی مواد با تابع هدفمند

تحلیل سازه‌های موجود مهندسی و دستیابی به ایده‌های جدید یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار در توسعهٔ علوم کنونی می‌باشد. یکی از تحولاتی که در سال‌های اخیر بوقوع پیوست، ایدهٔ ایجاد مواد کامپوزیتی است. این مواد بسرعت از مرحلهٔ ایده به مرحلهٔ عمل رسیده، و بسرعت جای خود را در سازه‌های سبک که نیاز به استحکام تنها در جهاتی خاص دارند، باز نمود.

همگام با رشد سریع علوم و تکنولوژی در دهه‌های اخیر، نیاز به مواد جدیدی که مهندسان را در طراحی و ساخت سازه‌های مهندسی یاری کند به شدت در جای جای صنعت احساس می‌شود. موادی که در زمینه‌های مختلف مهندسی قابل استفاده بوده و با بهبود خواص مورد نظر, مشخصه‌های بهتری را در عمل نتیجه دهند. به طور مثال, بسیاری از سازه‌ها و قطعات همچون سازه‌های هوایی, فضایی, مخازن تحت فشار در نیروگاههای هسته‌ای و موتورهای احتراق داخلی تحت نیروهای مکانیکی مختلف و نیروهای حرارتی با گرادیانهای بالا قرار دارند. از این رو در اینگونه سازه‌ها بایستی از موادی استفاده نمود که هم در برابر بارهای حرارتی با گرادیانهای بالا مقاوم باشند و هم در برابر بارهای مکانیکی استحکام لازم را از خود نشان دهند و در عین حال یکپارچگی مکانیکی خود را نیز حفظ کنند.

از سوی دیگر این نکته نیز مشخص گردیده است که تغییر ناگهانی در ترکیب و خواص مواد در یک جزء تمرکزهای تنش موضعی شدیدی را بوجود می‌آورد. اگر در این اجزاء تغییر در ترکیب و خواص مواد از یک ماده تا ماده دیگر بصورت تدریجی ایجاد گردد، این تمرکز تنش‌ها به میزان زیادی کاهش می‌یابند.

ملاحظات فوق در دهه‌های اخیر منجر به پیدایش نسل جدیدی از مواد به نام مواد با تابع هدفمند[۱] شده است که تا حد زیادی خواسته‌های مطلوب مهندسان طراح را برآورده می‌سازد. مواد با تابع هدفمند که در اصل، اولین بار با هدف مواد مقاوم در برابر بارهای حرارتی با گرادیان بالا طراحی شدند, موادی غیر همگن ولی همسانگرد[۲] هستند و خواص آنها از نقطه‌ای به نقطه دیگر تغییر می‌کند. به طور مثال مقاومت

[۱] Functionally Graded Materials(FGM)
[۲] Isotropic

به سایش مدول الاستیسیته, ضریب هدایت حرارتی, چگالی و سختی در این دسته از مواد بطور پیوسته و تدریجی تغییر می‌کنند. چنین تغییرات پیوسته‌ای مشکلات مربوط به تغییرات ناگهانی در سطح تماس بین دو ماده متفاوت را که در مورد مواد مرکب وجود داشت، مرتفع می‌سازد.

به عبارت دیگر یک ماده با تابع هدفمند ماده‌ایست ناهمگن، با گرادیان حساب شده در ترکیبات، ساختار و خواص مهندسی، که در یک راستای معین ایجاد شده است و همین گرادیان سبب می‌شود ماده با تابع هدفمند به ویژگی‌های مهندسی بهتری نسبت به مواد همگن ساخته شده با همان ترکیبات دست یابد.

مواد با تابع هدفمند با استفاده از خاصیت ذاتی خود به روش‌هایی که در ادامه برشمرده می‌شوند، مشخصه‌های مکانیکی و ترمومکانیکی یک جزء را بهبود می‌بخشند[۱]:

- تنش‌های حرارتی را به کمترین مقدار رسانده و محل پیشآمد این تنش‌ها را کنترل می‌کند.
- برای یک بارگذاری ترمومکانیکی مشخص می‌توان نقطه تسلیم و شکست را به تأخیر انداخت.
- ملایم نمودن تمرکز تنش بویژه در لبه های آزاد جسم و از بین بردن آن در مرزها.
- مقاومت باندهای واسط بین جامدات غیرهمگن مانند فلز با سرامیک، با تغییر خواص به صورت پیوسته یا لایه لایه‌ای از یک سطح تا سطح دیگر, در مقایسه با مقاومت بین جامدات غیر پیوسته بطور مثال در مواد مرکب, افزایش می‌یابد.
- نیروی مورد نیاز برای رشد ترک در مرز مشترک را می توان به کمک ایجاد گرادیان در خواص مکانیکی مواد به بیشترین مقدار رساند.(نرخ رشد ترک می‌تواند با انتخاب مناسب گرادیان خواص, کاهش یابد).
- گرادیان ترکیب در لایه‌های سطحی می تواند میدان‌های تکین ناشی از بریدگی و فرورفتگی‌های نوک تیز را از بین برده و مشخصه‌های تغییرشکل پلاستیک اطراف فرورفتگی‌ها را بهبود بخشد.