تحلیل دینامیکی صفحه برگردان ساخته شده از مواد مرکب(۴۶۹)

علی داورپناه جزی[۱] ، سید حسین کارپرور فرد[۲]

چکیده

در این تحقیق یک صفحه برگردان ساخته شده از مواد مرکب[۳] (یک لایه کربن) شبیه سازی شده و تحلیلی دینامیکی بر روی آن انجام گرفته است. شکل صفحه برگردان با استفاده از مختصات دکارتی تعدادی از نقاط آن که به روش خاصی اندازه گیری شده بود، ترسیم شد. مقدار نیروی وارد بر صفحه برگردان توسط روابط مخصوص موجود در مقالات پژوهشی بدست آمد. در ادامه، تحلیل نیرویی رویه ی ترسیمی پس از وارد نمودن آن به نرم افزار Ansys و انجام بارگذری بر روی آن انجام گرفت. ماده مرکب استفاده شده یک لایه و از جنس فیبر های کربنی می باشد. با این کار نواحی بحرانی رویه یعنی نقاطی که بیشترین تنش بر روی آنها اعمال می شد به دست آمد. به علت وجود خطر گسیختگی بالاتر در آن ها است که مکان یابی آن ها مهم و مورد توجه مهندسین طراحی می باشد و باید استقامت را در آن نواحی بالا برد، بدون اینکه نیاز به بالا بردن مقاومت در قسمت های دیگر باشد.

۱- دانشجوی کار شناسی ارشد ماشین های کشاورزی داشگاه شیراز، پست الکترونیک: a_davarpanah80@yahoo.com
۲- استادیار بخش ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز
3-composite materials

مقدمه:

یکی از مسائلی که از دیرباز ذهن مهندسین کشاورزی و شرکت های تولیدی ماشین های کشاورزی را بـه خـود جلـب کـرده است، مساله ی طراحی گاو آهن برگرداندار و به دنبال آن انجام تحلیل های مکانیکی بر روی آن می باشد. چون از این راه است که می توان قبل از ساخت، آن را از لحاظ میزان مقاومت بررسی کرده و پیرو آن مقدار ماده ای را که برای سـاخت نیـازمی‌باشـد را معین کنیم، پیش از اینکه نیاز به ساخت نمونه ای ازآن داشته باشیم و این یعنی همان امکانی که اگر نگوییم اساسی ترین نیاز کـه از مهمترین احتیاجات یک سازنده می باشد. جهت طی این فرایند، شکل اولیه ی یک قطعه یا ماشین بـر اسـاس آنچـه کـه از آن انتظار می رود توسط یک طراح، آماده می شود. در ادامه تحلیل نیرویی جهت سنجش میزان مقاومت آن و یا تخمین مقـدار و نـوع ماده مورد نیازربراساس تنش های حد اکثری که بعد از اعمال بار به قطعه در بعضی قسمت ها به وجود می آید، صورت می گیرد و این نقاط بحرانی اجازه ی نهایی شدن طرح را صادر می کنند. در مورد گاو آهن هم می توان ضمن طراحی شکل صفحه، نیروهای موجود در حین کار را به آن وارد کرده و تحلیلی مکانیکی از آن داشته باشیم. انجام این روند در مورد گاوآهن را می تـوان در سـه گام اساسی به انجام رساند. گام اول ترسیم گرافیکی صفحه برگردان در داخل یک نرم افزار طراحی و گام بعدی محاسـبه‌ی مقـدار نیرو و یا به عبارت بهتر فشار وارده بر کل صفحه و گام نهایی هم وارد کردن صفحه ی ترسیمی به نرم افزار تحلیلی و بارگذاری بر روی آن بر اساس نیروی محاسبه شده. اما همان گونه که می دانید به علت شکل پیچیده‌ای که یک صفحه‌برگردان دارد ایـن امـر بسیار سخت و طاقت فرسا ست. البته با وجود پیشرفت های عصر حاضر اگر چه به دست آوردن یک رابطه‌ی ریاضی معین برای آن غیر ممکن می نماید، ولی رسم گرافیکی آن با داشتن مختصات تعدادی از نقاط امکان پذیر است. مقدار نیروی وارد بر صفحه هـم خود، مساله ای است که از دیر باز پژوهشگران را به خود مشغول داشته است. تعدادی از آن هـا مقـدار نیـروی کـشش وارده را بـه صورت تابعی درجه دو از سرعت ارائه داده اند.کپنر[1] وهمکاران. ارادت اسکویی و همکاران معادله ای تجربی به روش آنالیز ابعـادی ارائه دادند که در آن علاوه بر مربع سرعت، مقدار شاخص مخروطی خاک نیز موجود بود. اکالاقان[2] و همکاران یک روش تحلیلـی ابداع کردند که در آن از تقسیم لایه ی خاک به تعدادی جزء به ابعاد سطح مقطع واحد و ارتفاع لایه ی خاک و در نهایت گذرانـدن آن ها از روی تیغه و صفحه برگردان مقدار نیروی کشش را برای تیغه و صفحه (هر کدام جدا گانه) بدست آوردند کـه هـم خـوانی خوبی هم با آزمایشات عملی داشت. اخیراً گادوین[3] و همکاران در مطاله ی خود به پیش بینی مقدار نیروی کششی پرداختنـد کـه دراینجا دو قسمت از آن آمده است و به وسیله ی آن ها می توان مقدار نیروی کشش را بر روی صفحه برگردان محاسبه نمود.

$$H_e = 2\gamma(w_p d_p + w_s d_s)d_s \qquad (۱)$$

$$H_{mc} = (\gamma / g)(w_p d_p + w_s d_s)v^2\{1-(1-\sin\theta\tan\delta)\cos\theta\} \qquad (۲)$$

H_e: نیروی وارد بر خاک جهت افزایش انرژی پتانسیل آن

H_{mc}: نیروی لازم جهت غلبه بر اصطکاک بین خاک و فلز و تغییر اندازه حرکت خاک

v: سرعت حرکت گاوآهن

w_p: پهنای نوک تیغه

w_s: پهنای تیغه

d_p: عمق نوک تیغه

d_s: عمق تیغه

γ: چگالی توده ای خاک KN/m^3

θ: زاویه ی تیغه با جهت حرکت

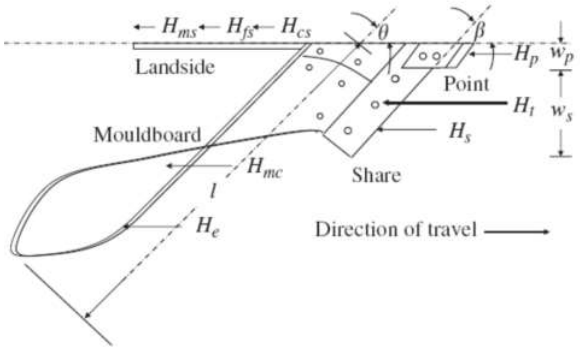
δ: زاویه ی اصطکاک بین خاک و فلز

1. Kepner
2. O'callaghan
3 . Godwin

آنچه در این مقاله ارائه می گردد رسم صفحه برگردان یک خیش برگرداندار توسط یک نرم افزار و انجام تحلیل دینامیکی آن و تعیین نقاط تنش بحرانی می باشد. جنس استفاده شده و یا به عبارت بهتر، جنس فرض شده برای صفحه، در این مطالعه فیبرهای کربنی می باشد. این فیبر ها زیر مجموعه ای از مواد مرکب می باشند که توضیحی مختصر در مورد آن لازم می باشد.

مواد مرکب[1] (کامپوزیت ها):

از دیرباز انسان مواد مختلف را با هم ترکیب کرده تا ماده ای جدید با خواص بهتر به دست آورد. اغلب مواد طبیعی نیز خواص فوق العاده خود را از ترکیب دو یا چند جزء به دست می‌آورند. مثلاً بسیاری از بافتهای بدن که استحکام بالا و انعطاف پذیری فوق‌العاده دارند از رشته‌های سفت درون زمینه ای با استحکام کمتر تشکیل شده اند. این رشته ها طوری در کنار هم قرار گرفته‌اند که هنگام اعمال بارهای زیاد، حداکثر استحکام را تأمین کنند و همچنین با ی انعطاف پذیری به راحتی به روی یکدیگر بلغزند.



شکل ۱

اغلب مواد مهندسی نیز ترکیبی از دو یا چند فاز پخش شده در مقیاس میکروسکوپی اند. به عنوان مثال چنانچه یک فولاد کربنی ساده از دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد سرد شود، ریزساختاری با لایه های متناوب یک فاز نرم انعطاف پذیر(آهن خالص) و یک ترکیب سخت و شکننده (سمنتیت Fe3c) خواهد داشت.

مواد طبیعی و مواد مهندسی در واقع میکروکامپوزیت هایی هستند که خواص آنها از پراکندگی مناسب فازها بدست می آید. یک ماده مرکب ماده ای است که یک فاز متمایز فیزیکی و یا شیمیایی پخش شده در یک فاز پیوسته دارد و عموماً دارای خصوصیاتی متفاوت و یا بهتر از آن دو جزء می باشد.

فاز پیوسته، فاز زمینه نام دارد و فاز پخش شده معمولاً فاز تقویت کننده نامیده می شود. فاز تقویت کننده می تواند به صورت ذره، رشته یا صفحه باشد. مرسوم است که مواد مرکب را براساس خصوصیات فاز زمینه طبقه بندی می کنند. از این نظر با توجه به اینکه مواد مذکور به سه دسته کلی تقسیم می شوند، سه نوع ماده رکب وجود دارد: مواد مرکب زمینه سرامیکی (CMC)، مواد مرکب زمینه فلزی (MMC) و مواد مرکب زمینه پلیمری (PMC). در هر زمینه ای فاز تقویت کننده می تواند از جنس سرامیک، فلز و یا پلیمر باشد.

مواد مرکب زمینه پلیمری با الیاف تقویت کننده ای مثل کربن، شیشه یا آرامید به عنوان مواد مهندسی، کاملاً شناخته شده هستند. فلزات حاوی ذرات و الیاف سرامیکی نیز اهمیت زیادی دارند و مواد مرکب زمینه سرامیکی جدیدترین نوع می باشند.

در سال های اخیر استفاده از مواد مرکب بخصوص مواد مرکب زمینه پلیمری (PMC) رشد سریعی داشته و این روند همچنان ادامه دارد. عامل اصلی توسعه مواد مرکب خواص بهینه آنها نسبت به اجزای تشکیل دهنده می باشد. این توسعه عمدتاً با جایگزینی ماده مرکب بجای مواد معمول و بخصوص فلزات صورت می گیرد.

اغلب مواد مرکب زمینه پلیمری از رزین های ترموست و الیاف تقویت کننده ساخته می شوند. ترموست به محصولی گفته می شود که در یک واکنش بازگشت ناپذیر شیمیایی ساخته می شود. متفاوت از پلاستیک ها با حرارت نمی توان یک محصول ساخته شدهٔ پلیمری ترموست را نرم کرد. الیاف تقویت کننده در مواد مرکب هنگامی که با رزین ترکیب می شوند نقش استحکام بخشی به آن را ایفا می نمایند. صنایع کامپوزیت طیف وسیعی از محصولات را تولید می کنند. در زیر زمینه های مختلفی که محصولات کامپوزیتی در آن مورد استفاده قرار گرفته اند ارائه شده است:

هواپیما، هوافضا و صنایع دفاعی: اجزاء هواپیما، سپرهای حرارتی، پوسته موتور راکت و ملزومات دیگر

1. Composite materials

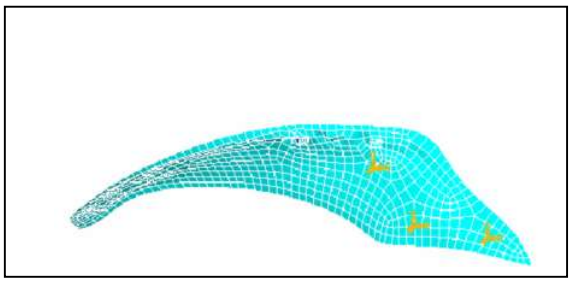
ملزومات و تجهیزات اداری: دستگاههای کپی، اجزاء کامپیوتر، ملزومات خانگی و ابزار الکتریکی
ساخت و ساز: استخرهای شنا، برجهای خنک کننده، کف پل ها و علائم راهنمایی و رانندگی
ورزشی: وسایل ورزشی، صندلی، یخ نورد، اسکی و چوب ماهیگ ری
تجهیزات مقاوم به خوردگی: لوازم کنترل آلودگی، محصولات تصفیه آب، لوله ها ، تانک های ذخیره سازی زیرزمینی و...
الکتریک و الکترونیک: جعبه فیوز (دکل های برق)، اتصالات الکترونیکی و لوله ها
دریایی: قایق، کرجی، کانو، کشتی و سازه های دریایی
حمل و نقل: بدنه و اجزاء اتومبیل، قطعات مختلف خودرو
مزایای مده ی مواد مرکب عبارتند از استحکام بالا ، وزن کم، قابلیت شکل دهی،عمر نسبتاً طولانی.

مواد و روشها:

جهت انجام اولین قدم یعنی رسم رویه ی صفحه برگردان از روش نقطه یابی استفاده گردید. مختصات دکارتی تعـ ادی از نقاط تعیین شده بر روی صفحه اندازه گیری شده و با وارد کردن آن ها در داخل نرم افزار Inventor و تبدیل هر چند نقطـه بـه یک خط، صفحه ای از تمام خطوط گذرانده شد که سر آخر به طور تقریبی رویه ی مورد نظر به دست آمـد. ایـن رویـه بـا پـسوند SAT ذخیره گردید تا امکان ورود به نرم افزار Ansys را داشته باشد.

تعیین مقدار نیرویی که به صفحه برگردان در حین حرکت وارد می شود به نوبه ی خود کاری مشکل می باشد و در حقیقت از مشغلیات اصلی مهندسین کشاورزی بوده است. به هر حال مقدارنیرو را توسط دو فرمول ارائه شده در بالا(فرمول ۱و۲) محاسبه کردیم. کمیت های هندسی مورد نیاز از روی خیش و بقیه ی آن ها با توجه به فرض های انجام شده و با دیـد حـداکثری وارد دو رابطه شد. بدین ترتیب هر کدام از دو نیرو به طور مجزا حساب گردید. یکی از آن ها(فرمول شماره ۱) مربوط به نیـروی حاصـل از افزایش مقدار انرژی پتانسیل لایه ی خاک و دیگری(فرمول شماره ۲) مربوط به نیروی لازم جهت غلبه بر اصطکاک خاک وفلـز و تغییر اندازه حرکت خاک بود. در ادامه از این دو نیرو برای مرحله بعدی یعنی تحلیل دینامیکی صفحه بر گردان استفاده گردید.

حال باید اطلاعات موجود به داخل نرم افزار Ansys انتقال و تنش های وارده بر قسمت های مختلف بدست آید. با توجـه به مقدارهای حداکثری که در نقاطی خاص برای تنش ها بدست می آید، طراحی کامل و نهایی می گردد. و این همان هدف مهـم می باشد. بنابراین رویه که با پسوند خاص برنامه ذخیره شده بود به داخل نرم افزار منتقل و با توجه به محاسبات انجـام گرفتـه در قسمت قبلی، مورد بارگذاری قرار گرفت. پس از شبکه بندی (شکل ۲) و حل مساله ی مطرح شده، نقاط بحرانی بدست آمد.



شکل ۲

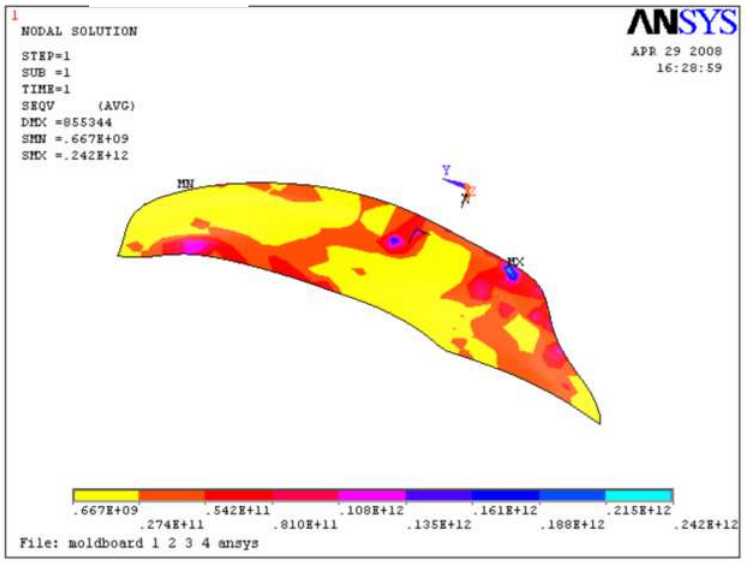
نتایج وبحث:

آنچه که در این مقاله مورد نظر بود انتخاب لایه ای از فیبر های کربنی و استفاده ی آن در طراحی جهت پیدا کردن نقاط بحرانی آن است. کاری که باید علاوه بر طراحی شکل رویه و محاسبه نیروهای وارد بر آن انجام داد، انجام تغییرات بر روی همین لایه ی کربنی می باشد. چون از ویژگی های این مواد خاص این است که می تواند ویژگی های مورد نظر طراح را ارضا کند. یعنی ما ماده ای داریم که دارای استحکام بالا در یک جهت خاص می باشد و طراح هم با توجه به جایگاه قطعه و مقدار و جهت نیرو هایی که به آن وارد می شود، نقاط بحرانی و حتی بهترین جهت قرار گیری فیبر های آن را تعیین می کند. در واقع در اینجا، دو کار مهم به روش های سنتی طراحی اضافه می گردد. اول اینکه با انجام تحلیل تنش، اندازه ی تنش در هر نقطه از جسم تعیین می شود تااینکه برای مقاوم سازی، مقدار ماده‌ی خام در هر نقطه و جهت قرار گیری فیبر ها به دست آید و از طرف دیگر می دانیم که ماده ای در دسترس داریم که توسط آن می توانیم مقاومت را در هر نقطه و در هر جهت که نیاز داشته باشیم، افزایش دهیم. اما همان گونه که عرض شد هدف از این مقاله– بعد از انجام فرضیاتی در مورد ضخامت لایه و جهت فیبر ها– یک تلاش اولیه جهت مکان یابی نقاط بحرانی در کل صفحه برگردان بود. بعد از آن است که می توان دیگر مراحل را هم به انجام رساند.

نتیجه گیری:

شکل ۳ که در پایین مشاهده می شود، در واقع جواب نهایی یا همان توزیع تنش بر روی صفحه برگردان می باشد. اولین و بهترین نتیجه ای که می توان از آن گرفت این است که توزیع تنش درهمه جای آن یکسان نیست، اگرچه نیرو ها به همان شکل ایده الی که مقصود نظر طراحان است (یکنواخت در همه جای صفحه) به رویه وارد شود. این یعنی اینکه در هنگام ساخت خیش، لازم نیست که همه ی قسمت ها ی صفحه برگردان به یک مقدار مقاوم شوند. بلکه تنها نواحی خاصی نیاز به مقاومت بالا دارند و این یک تقاضایی است که فقط از عهده ی فناوری مواد مرکب ساخته است.

شکل ۳



در شکل ۳ مقادیر حداکثر و حداقل تنش ها بر اساس معیار انرژی حداکثری و با MX و MN نشان داده شده‌اند. می بینیم که حداکثر تنش در این نرم افزار در بالای پیشانی نشان داده شده است. به علاوه از قبل این این مطلب را داشته ایم که نیرو های وارده بر روی صفحه برگردان به سمت پیشانی افزایش می یابد. چون پیشانی، به نسبت دیگر قسمت ها دارای بیشترین شیب جهت بالا بردن و برگرداندن لایه ی خاک می باشد و این یعنی بالا بودن میزان نیروی عمودی وارد بر آن.[۶] با توجه به این دو مطلب، عاقلانه به نظر می رسد که این ناحیه به نسبت دیگر قسمت ها بیشتر مورد توجه قرار گیرد. اگر در ساخت از مواد مرکب استفاده می شود، این ناحیه تعداد لایه های بیشتری نیاز ارد.

نکته ی دیگر، نقطه ی تنش حداقلی می باشد که در بالا و انتهای رویه قرار دارد. این در حالی است که این ناحیه به علت نقش عمده برای برگرداندن خاک، بیشترین نیرو را تحمل می کند. این دو مطلب چندان منافاتی با هم ندارند اگر توجه داشته باشیم که بخش اعظمی از تنش های موجود در قسمت های مختلف بر اساس گشتاور وارده می باشد و در ناحیه‌ی مذکور علی رغم

نیروی زیاد، بازوی آن کوتاه بوده و پیرو آن گشتاور کم و تنش هم حد اقل می باشد. اما این موضوع به قوت خود باقی خواهد ماند که مقدار نیرو بالا بوده و نیاز است که مقاومت به سایش بالا برده شود.

موضوع دیگر دید کلی است که می توان به رویه داشت. میزان تنش در چند نقطه از لبه به نسبت، بیشتر از میانه ی آن می باشد. بنابر این در طراحی ها بایستی به آن نقاط التفات بیشتری نمود. همینطور متوجه می شویم که از این پس نیازی نیست که مقاومت به تنش بخش میانی بالاتر از لبه ها باشد.

پیشنهادات:

یکی از بهترین کارهایی که می توان در این راستا به آن ادامه داد، بدست آوردن بهترین زاویه ای است که اگرفییرها در آن جهت قرار بگیرند کمترین ضخامت ماده لازم است. انجام این کار اگرچه سنگین می نماید ولی می توان در قسمت بهینه سازی نرم افزار های تحلیلی به آن پرداخت. البته این یکی از ویژگی های مواد مرکب است که می تواند جهت بهینه سازی در دستور کار قرار گیرد و غیر از آن می توان تعداد لایه و زاویه های آن ها، ضخامت هر لایه، جنس هر لایه، طرز چینش لایه ها و بسیاری از موارد دیگر را بررسی کرد.

منابع:

نشریات و مجلات:

1. Godwin R.J. ; M.J. O'Dogherty, C. Saundersb, A.T. Balafoutis.(2007) A force prediction model for mouldboard ploughs incorporating the effects of soil characteristic properties, plough geometric factors and ploughing speed. Biosystems Engineerig, 97,117-129
2. O'Callaghan J R; McCoy J G (1965). The handling of soil by moldboard ploughs. Journal of Agricultural Engineering Research, 10, 23–25
3. Oskoui K E; Witney B D (1982). The determination of plough draught, part 1: prediction from soil and meteorological data with cone index as the soil strength parameter. Journal of Terramechanics, 19, 97–106
4. http://www.ircomas.org/persian/PPaperDetails.aspx?Serial=33

کتاب ها:

5. Kepner R A; Bainer R; Barger E L (1982). Principles of Farm Machinery, 3rd Edn. AVI Publishing Co., Inc
6. Bernaki,H., J. Haman and Czkanafojski (1972) "Agricultural Machines Theory and Costructions". Warsow Poland, vol. 11.