طراحی اجزاء مختلف وجین کن مخصوص تراکتورهای شاسی بلند و تحلیل آن با استفاده از روش المانهای محدود.

سید محمد حسن کماریزاده[۱]- پرویز احمدی مقدم[۲]- اسعد مدرس مطلق[۳]

چکیده

وجین کنها ادوارت بسیار مناسبی برای کنترل علفهای هرز مزارع می باشند. با توجه به لزوم استفاده از تراکتورهای شاسی بلند و ادوات مخصوص آن در مبارزه با علفهای هرز بخصوص در مزارعی که بصورت ردیفی کشت شده‌اند، کارخانهٔ تراکتور سازی تبریز اقدام به تولید تراکتورهای مسی فرگوسن شاسی بلند نموده است. با توجه به تغییر ساختار این تراکتورها ادوات قابل استفاده برای آنها باید دارای شرایط ویژه‌ای باشند.

در این تحقیق وجین کنی طراحی گردید که برای محصولات ردیفی قابل اتصال به تراکتور مزبور باشد. به این منظور از واحدهای مستقل برای کنترل علفهای هرز در هر ردیف محصول استفاده گردید و برای ایجاد ارتفاع لازم از صفحات رابط استفاده شد. برای این وجین کن تیغه‌های پنجه غازی و بازوهای فنری طراحی گردید که کنترل مناسبی روی علفهای هرز دارند. عرض کار دستگاه و تعداد بازوهای آن با توجه به قدرت و بازده کششی تراکتور بدست آمد. با توجه با بازه کششی کمتر این تراکتور باید از یک وجین کن هفت ردیفه با ۲۱ بازو استفاده شود. پس از طراحی قسمتهای اصلی وجین کن شامل تیغه‌ها، بازوها، شاسیهای اصلی و فرعی، این قسمتها توسط نرم افزار انسیس شبیه سازی گردید و تحلیل خطی به روش المانهای محدود برای آنها صورت گرفت. نتایج حاصل از این تحلیل که بصورت استاتیکی انجام گرفته است، نشان داد که در طی سخت‌ترین شرایط کاری، حداکثر مقدار تنش در بازوها و شاسی وجین کن به ترتیب ۲۲۲ و ۲۱۰ مگا پاسکال می‌باشد ، که با توجه به تنش تسلیم بالای فولاد این مقدار قابل قبول می‌باشد.

۱- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه ارومیه
۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- واژه‌های کلیدی: وجین کن، تراکتور شاسی بلند، علف هرز، المانهای محدود.

۳- مقدمه

از دیر باز کنترل مناسب علفهای هرز در مزرعه برای کشاورزان اهمیت بسیاری داشته و در طی سالیان گذشته از روشهای مختلفی به این منظور استفاده شده است. اولین وسیله‌ای که برای کنترل علفهای هرز در محصولات کشاورزی بکار رفته، احتمالا کج بیل[1] بوده است. وجین کنهای چند ردیفه در حدود سال ۱۸۵۱ بکار گرفته شد، و در اوایل قرن بیستم بود که کولتیواتور به شکل امروزی آن ظاهر شد (۱) . اگرچه روشهای مختلف کنترل علفهای هرز وجود دارد، ولی هنوز هم روش مکانیکی مؤثرترین روش می‌باشد(۲).

با توجه به اهمیّت افزایش تولید محصول در واحد سطح، کنترل مناسب علفهای هرز در مدیریت مزرعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. آمار منتشر شده توسط سازمانهای جهانی نشان می‌دهد که سالانه بیش از ۲۰٪ از محصولات کشاورزی در سراسر جهان توسط علفهای هرز از بین می‌رود (۲).

اولین مرحله در طراحی یک وسیله بررسی شرایط کاری آن و تعیین خصوصیات ظاهری می‌باشد. در هنگام طراحی وجین کن مهمترین عامل، پیدا کردن نیروهای مقاومت خاک وارد بر بازوهای آن می‌باشد. در طی سالیان گذشته محققین زیادی روی مقدار نیروهای وارد بر ابزار خاکورزی کار کرده‌اند.

استافورد[2] (۱۴) مقدار نیروی کششی لازم برای ادوات خاکورزی را در طی آزمایشاتی که بر روی بازوهای کولتیواتور انجام داد بصورت زیر پیشنهاد نموده است.

$$F = \left(\gamma.d^2.N\gamma + C.d.Nc + Ca.d.Na + q.d.Nq\right).b \qquad (۱)$$

F= نیروی کششی (N)

b = عرض کار ابزار (cm)

d = عمق کار ابزار (cm)

q= فشار وارد بر سطح خاک $(N/cm\hat{}2)$

C= پیوستگی خاک $(N/cm\hat{}2)$

[1] Hoe
[2] Stafford

Ca =چسپندگی خاک (N/cm^2)

γ = وزن مخصوص خاک(N)

N_C, N_q, N_γ = ضرایب ثابت خاک که بستگی به شکل هندسی ابزار و خصوصیات خاک دارد.

مک کیس[3] (۸) نیز فرمولی مشابه رابطهٔ(۱) برای تیغه‌های باریک بدست آورد که به معادلهٔ عمومی کششی معروف شد.

هندریک[4] (۱۲) نیز با آزمایشاتی که در عمق حدود ۸/۲ سانتیمتر و با سرعت پیشروی km/h ۱۰-۵/۵ و فاصله تیغه‌های پنجه غازی ۳۰ سانتیمتر به عمل آورد نیروی کششی لازم برای یک کولتیواتور مزرعه را در خاک لومی بصورت زیر ارائه نمود.

$$F = 520 + 49.2.S \qquad (۲)$$

F= نیروی کششی (N)

S= سرعت پیشروی (m/s)

برناکی[1] (۸) برای طراحی بازوی کولتیواتور نیروی مقاومت خاک در مقابل یک بازو را بصورت زیر در نظر گرفت.

$$k_X = a.b.P_K \qquad (۳)$$

K_X = نیروی مقاومت خاک (kgf)

a = عمق کار$(dcmi)$

b = عرض کار $(dcmi)$

P_K = مقاومت مخصوص خاک $(kg/dcmi^2)$

تحقیقات نشان می‌دهد که درصد رطوبت خاک مقدار نیروی کششی مورد نیاز ادوات را تغییر می‌دهد. استافورد (۱۴) تاثیر درصد رطوبت خاک را بر نیروی کششی مورد مطالعه قرار داد، او آزمایشات را بر روی خاکهای با درصد رطوبت متفاوت انجام داد و نتیجه گرفت که خاک با رطوبت ۳۸/۷ ٪ نیروی کششی کمتری نسبت به خاک با رطوبت ۲۸/۸ ٪ نیاز دارد.

هاریسون وسیال[2] (۱۱) پنجه غازیهائی با شکل و ضخامت متفاوت را مورد آزمایش قرار دادند، آنها سنسورهائی را در قسمتهای مختلف پنجه غازی نصب کردند تا مقدار تغییر شکل و نیروی کششی را بدست آورند. نتایج نشان داد که افزایش سرعت و عمق کار و ضخامت تیغه‌ها باعث افزایش نیروی کششی می‌گردد.

پارل برگ[3] و همکارانش (۱۳) تیغه های مختلف پنجه غازیها را برای کنترل علفهای هرز در سیستم بی خاکورزی[4] طراحی کرد و آنها را در چهار سال متوالی در مزارع ذرت مورد مطالعه قرار داد، مشخص گردید

---

[3] McKyes
[4] Hendrik
[1] Bernaki
[2] Harrison & Sial
[3] Parlberg
[4] No Tillage

که شکل تیغه‌ها در کنترل علفهای هرز تاثیر چندانی نداشته و در سرعتهای بالا (حدود km/h ۱۱) علفهای هرز بهتر از سرعتهای پایین (حدود km/h ۶/۴) کنترل می‌شود.

عبدالمنعم[5](۷) با استفاده از روش المانهای محدود[6] به طراحی ادوات کشاورزی پرداخت او توانست خاکهای کشاورزی را مدل کرده و رفتار پلاستیکی آنرا در اثر عبور ادوات کشاورزی مورد مطالعه قرار داد و تغییرات خاک را با استفاده از این روش بدست آورد.

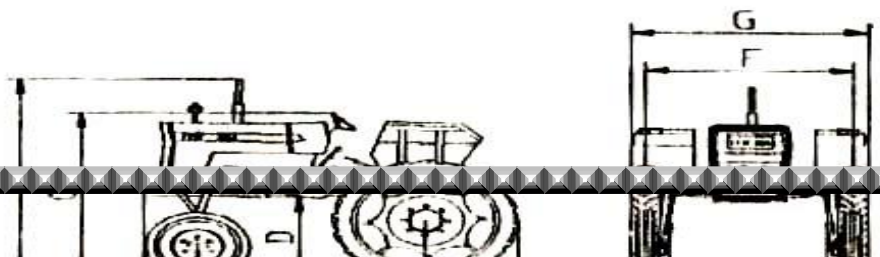
۴- مواد و روشها

انجام این تحقیق با همکاری کارخانهٔ تراکتور سازی تبریز و به منظور طراحی یک وجین کن مخصوص تراکتورهای مسی فرگوسن شاسی بلند صورت گرفته است. این تراکتورهای دارای ارتفاع بیشتری نسبت به تراکتورهای معمولی بوده تا بتواند عملیات داشت را در مزارع ردیفی که ارتفاع محصول بیشتر می‌باشد، به راحتی انجام دهد (جدول ۱)(۵). مدلهای مختلفی از این تراکتور در کارخانه تراکتور سازی تبریز ساخته شده و در حال حاضر طراحی ادوات مناسب این تراکتورها در حال بررسی می باشد. مهمترین وسیله برای استفاده همراه با این تراکتور، وجین کن جهت کنترل علفهای هرز می‌باشد.

برای طراحی قسمتهای مختلف وجین کن ابتدا با استفاده از روشهای مکانیک کلاسیک نیروها تعیین و سپس قسمتهای مختلف طراحی می‌گردد. شبیه سازی این قسمتها با استفاده از نرم افزار انسیس صورت گرفته و مقادیر تنشها و تغییر شکلها در نقاط مختلف بدست می‌آید.

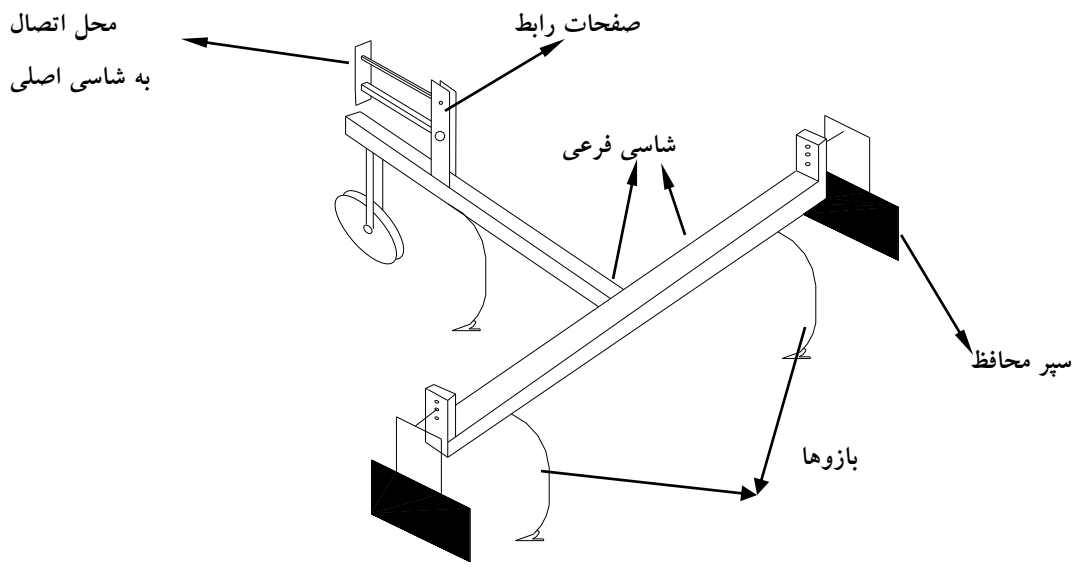
جدول ۱ – مشخصات ابعادی تراکتور MF شاسی بلند.

مشخصات تراکتور	اندازه (mm)
فاصلهٔ محورهای جلو وعقب A	۲۵۷۸
طول کلی تراکتورB	۳۸۴۸
ارتفاع (روی فرمان) C	۲۲۳۲
فاصله از زمین D	۹۵۰
فاصلهٔ چرخهای جلو E	۱۶۵۰-۲۲۵۰
فاصلهٔ چرخهای عقب F	۱۷۰۰
عرض کلی G	۱۹۲۰
فاصلهٔ دیوارهٔ داخلی H	۱۳۵۰
ارتفاع (بالای اگزوز) I	۳۰۷۲



[5] Abdul Mounem
[6] Finite element

با توجه به این مطلب که وجین کن باید در بین ردیفهای محصول به خوبی بتواند کار کند، ساختار آنرا بصورت واحدهای مستقل در نظر گرفته که هر واحد بصورت مجزا به شاسی اصلی متصل می‌گردد(شکل ۲). واحدهای مستقل شامل بازوها، شاسیهای فرعی، فنرهای برگشتی ونیز سپرهای محافظ می‌باشد. در طراحی از بازوهای نیمه فنری و تیغه‌های پنجه غازی بعلت کنترل بهتر آنها بر روی علفهای هرز استفاده شده است(۲،۳).



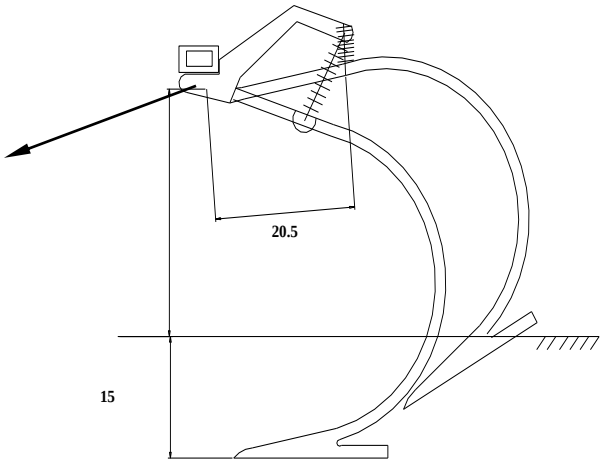
شکل ۲- یک واحد مستقل وجین کن برای یک ردیف محصول

به هنگام طراحی فنر بازوهای وجین کن باید مقدار تغییر شکل آنها را در هنگام کار بدست آورد. به این منظور بازوها توسط نرم افزار اتوکد[1] شبیه سازی شده و سپس حول نقطهٔ اتصال آن به شاسی دوران داده

[1] Auto Cad

می‌شود. (شکل ۳). در این حالت حداکثر فشردگی فنر در هنگام بیرون آمدن از خاک بدست آمده و طراحی فنر امکان پذیر می‌گردد.

چون ممکن است بازوها در هنگام کار به مانعی برخورد کرده و از خاک بیرون آیند باید فنر را برای شرایطی طراحی کرد که حداکثر فشردگی را داشته باشد.



شکل۳. یک بازوی وجین کن در هنگام دوران

از آنجائیکه ارتفاع تراکتور مورد نظر به اندازه ۴۵ سانتیمتر بیشتر از تراکتورهای معمولی می‌باشد لذا باید شاسی اصلی وجین کن متناسب با این اختلاف طراحی گشته تا به محصول آسیبی نرساند به همین دلیل از صفحات رابط برای اتصال واحدهای مستقل وجین کن به شاسی اصلی استفاده شده است.

پس از اینکه بازوها و شاسیهای وجین کن توسط نرم افزار انسیس شبیه سازی گردید برای تحلیل توسط نرم افزار جنس آنها از فولاد با تنش تسلیم ۲۸۰ مگا پاسکال و ضریب پواسون ۰/۳ تعریف شد. مرحلهٔ دوم المان بندی جسم می‌باشد که باید جسم را به المانهای کوچک مستطیلی، مربعی و یا مثلثی تقسیم کرد، در اینجا از المانهای مثلثی استفاده شده ا ست. مرحلهٔ سوم باید شرایط مرزی[1] را به مسئله اعمال نمود که شامل اعمال نیروها و تکیه‌گاهها می‌باشد که از تکیه گاه‌های گیر دار استفاده شده است(۶). حداکثر مقدار نیروی وارد به بازوی وجین کن در سخت‌ترین شرایط و خاکهای سنگین مطابق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$k_x = a.B_{\bullet} P_k$$

$$P_K = 2*25 = 50\, kg/decim^2$$

$$k_x = a\, B_{\bullet} P_k = 1.5*1.5*50$$

$$k_x = 112.5\, kg \Rightarrow$$

(۵)که با در نظر گرفتن ضریب اطمینان مناسب مقدار نیروی مقاومت خاک در حدود ۱۴۷۰ نیوتن خواهد شد(پارامترهای رابطهٔ ۵ قبلا معرفی شده است)(۷).

$$k_x = 112.5*9.81 = 1103.6N$$

بمنظور نزدیک بودن هر چه بیشتر شبیه سازی به واقعیت، نیروها را در چهار نقطه به بازو اعمال نموده و نبز برای تحلیل شاسی، اثرات بازوها را روی آنها منتقل کرده و بصورت خطی مورد تحلیل قرار گرفت.

$$M_1 = F_2 * d = 1104 * 0.4$$

$$M_1 = 441.6\ N.m \qquad (۶)$$

[1] Buondry Condition

M_1 = گشتاور خمشی وارد بر شاسی فرعی

یادآور می‌شود که طول بازو، با توجه به عمق کار دستگاه از روی شکل هندسی آن بدست‌می‌آید. حداکثر تنشهای با توجه به معیار فون میسز[2] واز رابطهٔ زیر بدست می‌آید(۹).

$$S_Y = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2\right] + 3\tau_{xy} + 3\tau_{zy} + 3\tau_{xz} \quad (۷)$$

چون تراکتور مورد نظر دارای ارتفاع نسبتا زیادی می‌باشد از لحاظ پایداری ممکن است دچار مشکل گردد. لذا برای تعیین حداکثر کشش تراکتور باید مرکز ثقل آنرا پیدا کرد. مرکز ثقل تراکتور با استفاده از روش وزن کردن در روی باسکول در آزمایشگاه کارخانهٔ تراکتور سازی تبریز بدست آمده است این آزمایش سه بار تکرار گردید و مقدار میانگین بار روی چرخهای جلو وعقب بصورت زیر بدست آمد.

با توجه به داده‌های جدول ۳ می‌توان از معادلات مربوط به پایدار تراکتور، محل مرکز ثقل آنرا بدست آورد(۴).

جدول ۳- وزن قسمتهای مختلف تراکتور

وزن کل (کیلو گرم)	وزن اکسل جلو	وزن اکسل عقب	وزن‌اکسل‌جلو(ارتفاع‌جلو تراکتور ۸۰ *cm* از زمین)	وزن‌اکسل‌عقب(ارتفاع‌جلو تراکتور ۸۰ *cm* از زمین)
۲۶۷۴	۱۱۵۳	۱۵۳۶	۱۰۵۸	۱۵۷۰

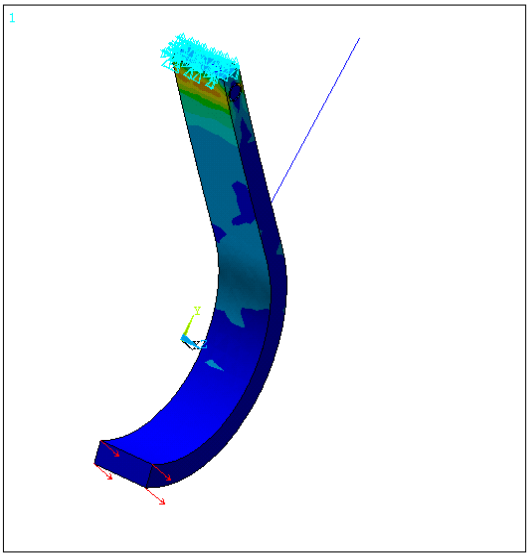
۵- یافته‌ها

در شکلهای ۳، ۴، ۵ و ۶ مقادیر مختلف تنشها و کرنشها برای بازوها و شاسیهای وجین کن داده شده است. حداکثر تنشهای بوجود آمده در بازوهای وجین کن ۲۲۲ *Mpa* می‌باشد، لازم به ذکر است که این مقدار تنش در طی اعمال بیشینهٔ بارها و تحلیل خطی بازوها بدست آمده است. با توجه به جنس بازوها و تنش تسلیم آنها با ضریب اطمینان حدود ۱/۴ قابل استفاده می‌باشد. نتایج مشابه در تحلیلهای استاتیکی شاسی وجین کن نشان می‌دهد که تنشهای اصلی در آن در حدود ۲۱۰ *Mpa* می‌باشد.

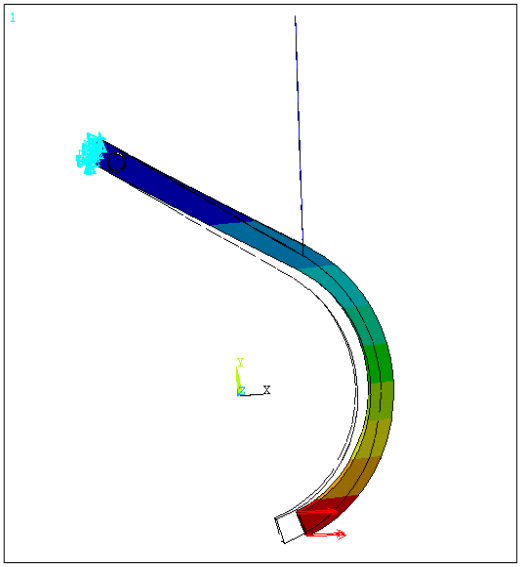
جدول ۴. مقایسه تنشها در تحلیلهای کلاسیک و توسط نرم افزار.

[2] Vone misses

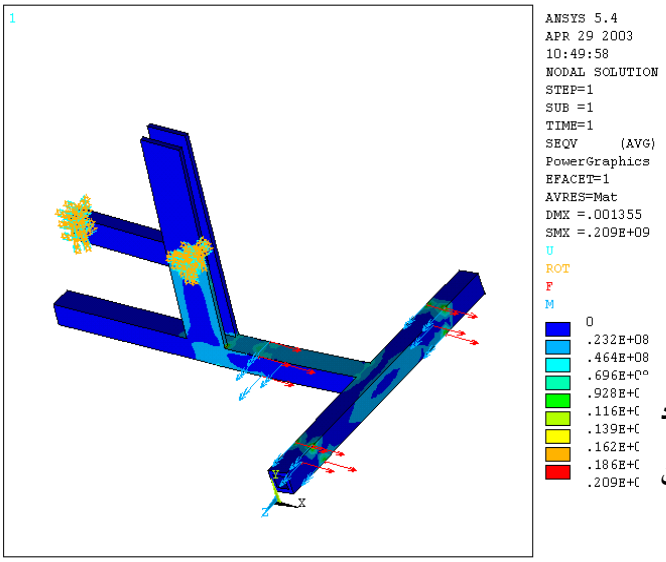
تنش در تحلیل کلاسیک(Mpa)	تحلیل انسیس(Mpa) توسط تحلیل
بازو	۲۷۰	۲۲۲
شاسی فرعی	۲۱۰	۲۰۹
شاسی اصلی	۲۰۵	۲۱۳



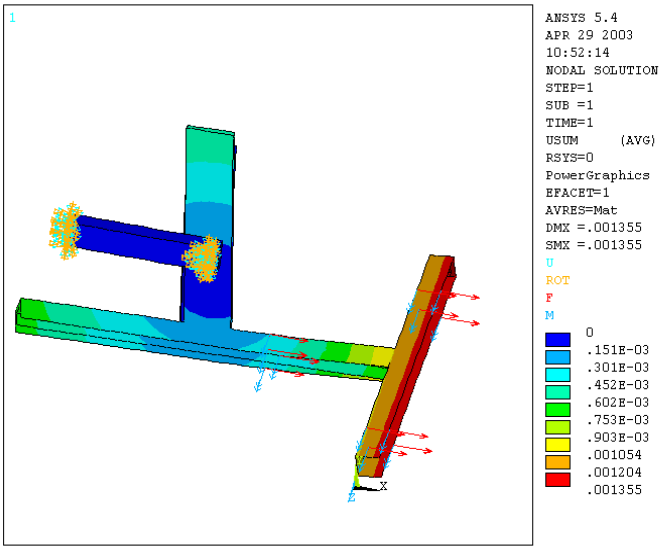
شکل ۴. تنشهای بوجود آمده در بازوی وجین کن



شکل ۵. کرنشهای بوجود آمده در بازوی وجین کن



شکل ۶. تنشهای بوجود آمده در شاسی وجین کن



شکل ۷. کرنشهای بوجود آمده در شاسی وجین کن

در نهایت یک وجین کن هفت ردیفه که در هر ردیف سه بازو وجود دارد طراحی گردید که تراکتور مورد نظر به راحتی قابل کار با آن می‌باشد. تعدار ردیفها و نیز بازوهای هر ردیف را در روی شاسی اصلی وفرعی می‌توان تغییرداد.

لازم به ذکر است سایر قسمتهای وجین کن شامل، فنرهای برگشتی بازوها، اتصالات ، پیچها، تیغه‌های پنجه غازی و صفحات رابط نیز طراحی گردیده و ابعاد و اندازه‌های مناسب انتخاب شده است.

جدول۵. جنس و ابعاد قسمتهای مختلف

اجزاء	سطح مقطع (سانتیمترمربع)	طول (سانتیمتر)	جنس	تعداد	ضخامت	قطر سیم
شاسی	پروفیل ۱۰*۱۰	۵۰۰	فولاد	۱	۰,۶	-

اصلی شاسی	پروفیل ۳,۶*۳,۶	۷۰	فولاد	۷	۰,۳	-
فرعی صفحات رابط	۷*۷۰	۶۵	فولاد	۱۴	۷	-
بازو	۱,۶*۴,۸	۴۰	فولاد	۲۱	۱,۶	-
تیغه	زاویه بار ۱۵ درجه	طول پیشانی ۱۸	فولاد	۲۱	۰,۴	-
فنرهای بازو	-	۳۵	فولاد(آلیاژ کروم- سیلیکون)	۲۱	-	۰,۸

۷- منابع

۱- بهروزی لار ، منصور ، ۱۳۷۴ ، ادوات و ماشینهای کشاورزی ، انتشارات سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی .

۲- رحیمیان ، حمید ـ بنائیان ، محمد ، ۱۳۷۸ ، علفهای هرز وکنترل آنها ، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد .

۳- شفیعی ، سید احمد ، ۱۳۷۴ ، ماشینهای خاکورزی ، مرکز نشر دانشگاهی .

۴- کماریزاده ، سید محمد حسن ، ۱۳۷۷ ، مکانیک تراکتور و ماشینهای کشاورزی ، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه .

۵- کارخانهٔ تراکتور سازی تبریز ،۱۳۸۰، مشخصات تراکتور شاسی بلند مسی فرگوسن .

۶- کاوه، علی،۱۳۷۳، روش المانهای محدود، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

7 -Abdul Mounem , Miklos Nemeny , 1999 , Tillage Tools Design By Finite Element Method : Part1 , Finite Element Modeling Of Soil Plastic Behavior . Agr , Eng . 72,37-51

8- Bernacki , H . , J. Haman and C.Kanafoiski , 1972 , Agricultural Machines Theory and Construction .

9-Mckyes,Edward . 1985. Soil Cutting and Tillage.

10-Fenner .R.T ,1986, Engineering Elasticity Application of Numerical and Analytical Techniques .

11-Harrison , H.P and j.k Sial , 1978 , Soil Reaction Forces From Field Measurment With Sweep . Transaction of the ASAE .VOL 21-NO 5 .

12- Hendrike , B . Hand booke in Agriculture , 1988 , VOL1 , Crop Production Engineering Boca Raton , Fl , CRC Dress .

13-Parlberg .K.R, H.M Hanna and D.C Erbach , 1998 , Cultivator Design for Interrow Weed Control in No-Tillage Corn . Applied Enginerring in Agriculture VOL 1414 .

14- stafford .J.V , 1984 , Force Pridiction Model Brittle and Flow Failure of Soil by Draught Tillage Tools , Agr. Eng .29 , 51 –60.