Journal of Approach at Oil and Gas Management
Vol. ١, No. ٤ (Con: ٤), Sep ٢٠٢٠, P. ٢١ – ٣٣

ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۴ (پیاپی: ۴)، شهریور ۱۳۹۹، ص. ۳۳ – ۲۱

https://science-journals.ir
https://rmng.science-journals.ir

طراحی و تحلیل گشتاور در پیچ پروانه ای و مقایسه آن با ستاره ای

محسن عالیزاده [۱]

۱- کارشناسی مهندسی تکنولوژی خودرو

[*]نویسنده رابط: yamanalizadeh۱۱@gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: شهریور ماه ۱۳۹۹

واژگان کلیدی

پیچ پروانه ای

تنش

کرنش

جابجایی

چکیده

مصرف روز افزون پیچ ها و کاربرد فراوان آن در صنعت موجب شده است که این ابزار مصرف زیادی را در میان دیگر اتصال دهنده های مکانیکی به خود اختصاص دهد. انواع پیچ ها متفاوت در بازار موجود هستند که هر کدام برای هدفی ساخته و استفاده می گردند. در این میان پیچ های دو سو ، چهار سو ، سر آلنی و سر ستاره ای به واسطه سهولت کار با آن ها و تحمل گشتاور زیادتر بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. با ایجاد گشتاور به منظور باز بسته کردن پیچ، میزان ماکزیمم تنش ایجاد شده بر روی گل پیچ به وجود می آید که باعث لهیدگی ، جابه جایی ودر نهایت موجب از بین رفتن گل پیچ می شود. برای کاهش میزان جابجایی و تنش در این تحقیق گل پیچ جدیدی به شکل پروانه ای طراحی شده است، تا گشتاور بیشتری بدون جابه جایی و لهیدگی تحمل کند. هدف اساسی تحلیل میزان خوردگی در پیچ ها و ارائه ی راه کاری مناسب برای کاهش جابه جایی وتنش در گل پیچ به وسیله افزایش سطح تماس میان پیچ و پیچ گوشتی می باشد. در این مقاله شکل گل خاصی از پیچ به صورت پروانه ای مورد ارزیابی قرار می گیرد تا حد امکان میزان خوردگی در پیچ جدید بررسی و تحلیل شده و با پیچ ستاره ای به عنوان پیچ متداول و پر مصرف مقایسه می گردد و در انتها نیز نتایج حاصله از این دو نمونه پیچ ارائه شده است.

نحوه ارجاع به این مقاله:

م. عالیزاده، طراحی و تحلیل گشتاور در پیچ پروانه ای و مقایسه آن با ستاره ای، ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز، دوره۱، شماره۴، ص. ۳۳ – ۲۱، ۱۳۹۹.

۱. مقدمه

پیچ ها در واقع سطح شیب درای است که یک محور یا یک استوانه را دور می زند. یکی از روش های عمده اتصالات و خصوصاً اتصالات مکانیکی استفاده از پیچ و مهره است.

پیچ ها معمولاً در اتصلاتی استفاده می شود که نیاز به باز و بسته شدن داشته باشد و یا دارای لرزه هایی است که باید بعد از مدتی دوباره تنظیم یا محکم شود، برخلاف چسب یا جوش که یک اتصال دائمی هستند.

واژه (Bolt) واژه ای عام است که در مورد همه اتصال دهنده های رزوه دار نظیر پیچ های خودکار (Machine Screws) اطلاق می گردد. مباحث گوناگونی در ارتباط با پیچ ومهره ها نظیر مواد و آلیاژ های مصرفی ، ابعاد دلخواه، آنالیز شیمیایی و خواص مکانیکی و فیزیکی، طراحی و هندسه، تعاریف تخصصی، روش تولید، طبقه بندی پیچ ها، بازرسی و کنترل کیفیت، کاربردها، پوشش و رنگ، انواع پیچ ومهر، نشانه گذاری، عیوب احتمالی، طریقه استفاده و اعمال گشتاور، استانداردهای مرتبط، خوردگی انواع شکست، عملیات حرارتی، نمونه برداری و مستندسازی وجود دارد. در استاندارد (ISO۱۸۹۱) تعاریف و واژه های مربوط به پیچ و مهره ها تبیین شده است.

اغلب پیچ ها پس از مدتی استفاده به دلیل اعمال گشتاور باعث ایجاد لهیدگی و تغییر شکل درگل پیچ شده ودیگر قابل استفاده نیستند. با استفاده از شکل گل پیچی خاص می توان این لهیدگی و تغییر شکل را کاهش داد.این گل پیچ باید به گونه ای طراحی گردد. که لقی آن پیچ گوشتی بسیار کم و تا حد امکان ایجاد تنش کاهش، کرنش یکنواخت ودر نتیجه جابه جایی، لهیدگی کاهش یابد.

۲. پیشینه

در حالی که فرضیه های جدید، پیچ ارشمیدس را به سِناخِریب یا سن ناشریب پادشاه آشور نسبت می دهند، یافته های باستان شناسی، شواهد و نظرات متداول هم بر یونانی بودن اختراع مذکور تأکید دارد و احتمالاً مربوط به قرن سوم میلاد و توسط ارشمیدس می باشد. اگر چه آن مستندات شبیه یک پیچ است اما در معنای معمول کلمه یک پیچ نیست. پیچ بعدها توسط ریاضی دان یونانی آرشیتاس تارنتوم توصیف شد (۳۵۰-۴۲۸ قبل از میلاد). تا قرن اول قبل از میلاد، پیچ های چوبی عموماً در مناطق مدیترانه ای برای صنایعی نظیر روغن گیری و شراب سازی به کار می رفت. از پیچ های فلزی به عنوان وسیله ای برای بستن اتصالات به دلیل عدم دسترسی، کمتر در اروپای قبل از قرن ۱۵ استفاده می شد. رایبنسکی اشاره می کند که پیچ های چرخشی در قرون وسطی وجود داشته اند اگرچه احتمالاً تا سال ۱۸۰۰ کاربرد گسترده ای نداشته اند. انواع اتصالات (از جمله میخ و خار، چفت و بست و زبانه ها و...) با شکل های متنوع خود، تا قبل از گسترش پیچ های چرخشی بیشتر در نجاری و اهنگری کاربرد داشته اند تا در ماشین آلات صنعتی. همچنین پیش از اواسط قرن ۱۹، چفت هایی با خار و پرچ، در کشتی سازی به کار می رفتند. پیچ فلزی تا زمانی که ابزار ماشینی برای تولید انبوه تا پایان قرن ۱۸ گسترش نیافته بود به عنوان بست کاربرد عمومی پیدا نکرده بود. این پیشرفت در دهه ۱۷۶۰و۱۷۷۰ توسط دو رویداد جداگانه که به سرعت با هم پیوند خوردند، شکوفا شد.

اولین اتفاق توسط برادران وایت(ژاب و ویلیام) در استافورد شایر بریتانیا رخ داد که در ۱۷۶۰ دستگاهی را که امروزه ممکن است ما آن را به عنوان دستگاه تولید پیچ اولیه و ابتدایی بشناسیم، به ثبت رساندند. اما تا سال ۱۷۷۶ برادران وایت موفق به را اندازی کارخانه پیچ چوب نشدند. تجارت آن ها با شکست مواجه شد اما مالکان جدید به آن رونق بخشیدند و در سال ۱۷۸۰، آن ها روزانه ۱۶۰۰۰ پیچ در روز تنها توسط ۳۰ کارگر، تولید می کردند. نوعی از تولید صنعتی با خروجی زیاد که امروزه به تولید مدرن شهرت دارد ولی در زمان خود یک انقلاب محسوب می شد. در سال۱۷۷۷ ابزار ساز انگلیسی جسی رامزدرن در حال کار برای حل مشکل بریدن پیچ ، اولین دستگاه تراش کاری پیچ را به صورت موفقیت آمیزی اختراع کرد. مهندس انگلیسی به نام هنری مادسلای (۱۸۳۱-۱۷۷۱) با توسعه دستگاه تراش کاری پیچ خود در بین سال های (۱۸۰۰-۱۷۹۷) به شهرت رسید که شامل سه جز اساسی پیچ سربی، بخش تنظیم برش و سیستم زنجیری چرخ دنده بود که همگی به نحوی مناسب برای ماشین های صنعتی مورد استفاده قرار گرفتند. او توانست بین اختراع برادران وایت و رامزدرن نوعی یکپارچگی که برای تولید پیچ چوب به کار می رفتند به وجود آورد. این تصور که جیمز ناسمیث اختراع مادسلای کرده را همگانی کرده اشتباه است. اگر چه دستگاه تراشکاری وی به محبوبیت آن کمک کرده است.

این پیشرفت ها دربین سال های۱۸۰۰-۱۷۶۰ توسط برادران وایت و مادسلای به موضوعی قابل بحث در بین صنعت گران بزرگ به دلیل افزایش قابل توجه اتصالات پیچی تبدیل شد. یکسان سازی شکل های پیچ تقریباً بلافاصله شروع شد اما به سرعت تکمیل نشد. پیشرفت های بعدی برای تولید انبوه در طول قرن۱۹ با کاهش قیمت این پیچ ها ادامه یافت. به طوری که باگسترش و توسعه دستگاه تراش کاری

در سال۱۸۴۰ و دستگاه های اتوماتیک پیچ در سال ۱۸۷۰ به طرز قابل توجهی از هزینه تولید اتصالات پیچی توسط ماشین های سرپیچ (مدل پیچ های نوک تیز) پیچ های چاک دار، مربعی و شش گوش بودند. تراشیدن این مدل ها راحت و به اندازه کافی نیز کاربری داشتند. رابینسکی اختراعات زیادی در رابطه با پیچ های نوک تیز انجام داد امابه دلیل مشکلات و هزینه بالا در آن زمان به ثبت نرسید. در ۱۹۰۸ رابرتسون کانادایی، اولین کسی بود که پیچ آلنی را با طراحی درست و عملکرد واقعی با قالب گیری فلز سرد به اندازه مناسب به جای اینکه باقیچی بریده شود یا در جاهای ناخواسته قرار بگیرد تولید کرد (با ابعاد و زوایای تیزتر و باریک تر) که سرش به آسانی اما دقیق کوبیده می شد. درسال ۱۹۱۱ پیچ شش گوش تولید شد. در اوایل سال۱۹۳۰ پیچ چهارسو خور(Phillips-head) توسط هنری فیلیپ اختراع شد. استاندارد ISO تولید پیچ در اواخر سال ۱۹۴۰ برای بهبود فرم های تولید پیچ طراحی شد. همچینین در پایان لازم است ذکر شود که یکی از پیشرفت های فنی قابل توجه که منجر به انقلاب صنعتی در اواخر قرن نوزدهم گردید استفاده از پیچ های مناسب برای کنترل و حفظ تعادل اجسام به جای چفت و بست کردن و اتصالات غیر اصولی بود. پیچ ها انواع مختلفی دارند ولی دو نوع ساده و زاویه دار آن (conical) بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند.

۳. تحقیقات صورت گرفته اخیر

در زمینه ی پیچ چه در داخل و چه در خارج از کشور تحقیقات زیادی صورت گرفته است که از جمله مقالات اخیر در این زمینه می توان به مقالات:

الف- هاو ژو[۱] مربوط به تجزیه و تحلیل به روش شبیه سازی عددی پیچ و مهره به طور همگن و ضد زلزله در مهندسی ژئوتکنیک زیر زمینی.

ب- شوگی ما[۲] مربوط به یک مدل عددی از پیچ و مهره به طور کامل همگن با توجه به مدل برشی سه خطی.

ج-کوروکولو [۳] کمک به انتخاب و محاسبه پیچ در مفاصل پیچی بر اساس کاربرد.

د-یانگ هو [۴] شبیه سازی و آزمون های تجربی FE بر روی پیچ و مهره های سازه ای استحکام بالا تحت تنش.

همچنین در کنفرانس های داخلی نیز مقالاتی چون:

ه-بررسی مراحل ساخت و تولید انواع مختلف پیچ ها و انتخاب مناسب بر اساس محل مصرف توسط رامین باباگلی[۵].

و-اثر پارامترهای پرداخت کاری با ذرات ساینده مغناطیسی برای پرداخت پیچ های ساچمه ای توسط آرش محمدی [۶].

ق- مقاله ی امیر رضا شاهانی که در مورد تخمین عمر خستگی پیچ های فلنج اتصالی در یک پوسته استوانه های تقویت شده [۷].

ف-وهمچنین مقاله ی تحلیل پیچ مقاوم دربرابر خوردگی ناشی از گشتاور(پیچ سرمدی) و مقاسیه آن با پیچ دو سو محمد لاخی و سید احسان افتخاری شهری[۱۰]. اشاره کرد. در مورد تماس پیچ با پیچ گوشتی و میزان لهیدگی ناشی از تماس فقط مقاله شماره [۱۰] تحلیلاتی را انجام داده که در مورد پیچ دو سو و سر مدی بوده است ولی مطلبی در مورد تحلیل پیچ سر ستاره ای در سال های اخیر پیدا نشد.

۴. لهیدگی در پیچ

موقع بستن انواع پیچ ها نیاز به ایجاد یک گشتاور برای رسیدن به این مقصد است. این گشتاور موجب لهیدگی در گل پیچ شده و دیگر امکان باز یا بسته شدن پیچ دیگر وجود ندارد.

به عنوان مثال در پیچ های سر ستاره ای پس از اعمال گشتاور شیار گل پیچ به صورت کاغذ مچاله شده در آمده و دیگر پیچ گوشتی قادر به چرخاندن و قرار گرفتن جای خود در پیچ نیست، در پیچ های چهار سو و سر آلنی نیز اتفاقی مشابه رخ می دهد و تحت گشتاور پس از خوردگی، شکل گل پیچ از بین می رود و دیگر توانایی خود را در باز و بسته شدن از دست می دهد. شکل(۱)

شکل۱. لهیدگی در گل پیچ ستاره ای و آلنی

لهیدگی ناشی از گشتاور زمانی به بیشترین حد خود می رسد که:

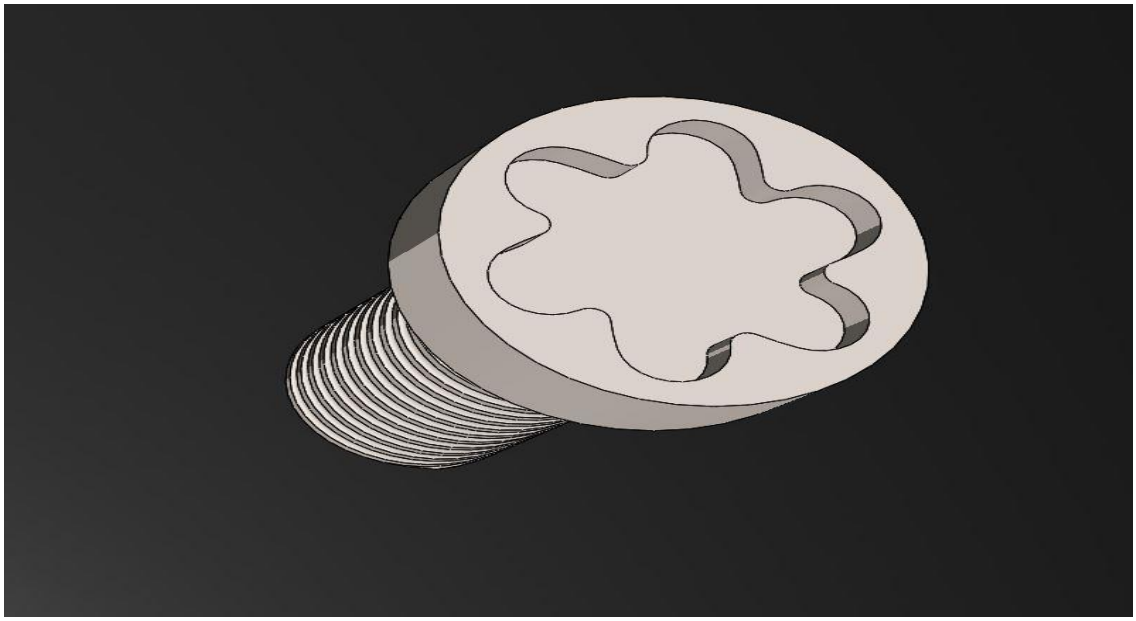
لقی بین پیچ و پیچ گوشتی زیاد تر گردد باعث کاهش درگیری بین پیچ و پیچ گوشتی در نتیجه افزایش لهیدگی (کرنش) می گردد.

اگر پیچ به ماده مقاوم فرو رود نیاز به گشتاور اعمالی بیشتر دارد که به تبع آن خوردگی افزایش بافته و گل پیچ حالت اولیه خود را از دست می دهد.

پیچی که پس از بسته شدن دچار خوردگی به واسطه ی گشتاور یا زنگ زدگی شده است نمی توان آن را به وسیله پیچ گوشتی باز کرد که دراین صورت اغلب پیچ را با مته کاملاً تخریب می کنند تا بتوانند اتصال دو قطعه را آزاد کنند.

به منظور سهولت در باز و بسته کردن پیچ و کاهش میزان خوردگی شکل گلی خاص طراحی می گردد که با توجه به شکل گل خاصش فقط آچار مخصوص همان سایز برای بسته یا باز شدن باید استفاده گردد تا کمترین لقی ممکن بین پیچ و پیچ گوشتی به وجود آید، از سوی دیگر برای مکان هایی که نیاز باز و بسته شدن چندین باره پیچ باشد، بسیار مناسب خواهد بود.

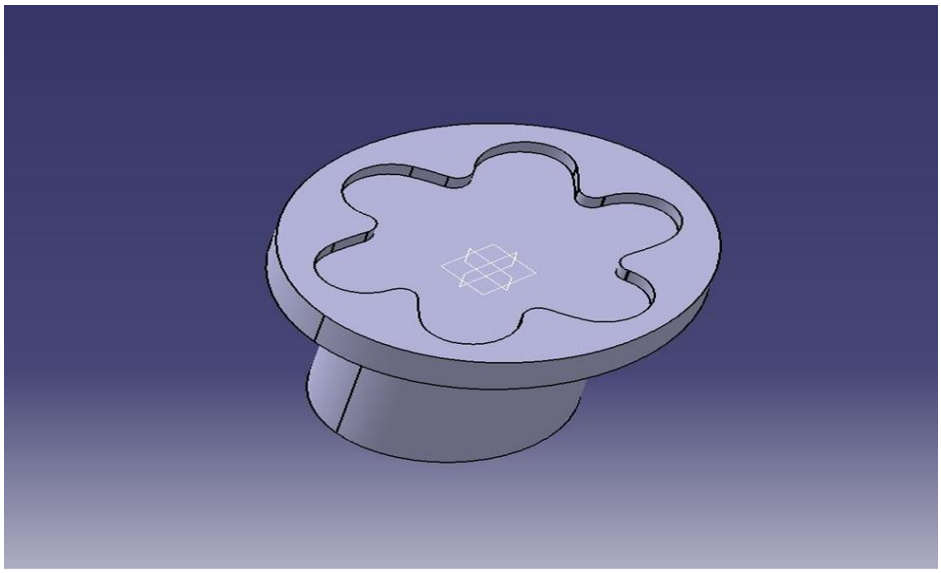
گل تعبیه شده بدین منظور شبیه یک پروانه (گلی) می باشد تا توزیع نیرو را بیشتر تحمل کرده و خوردگی کاهش دهد. شکل(۲)



شکل۲. تصویر پیچ پروانه ای (گلی)

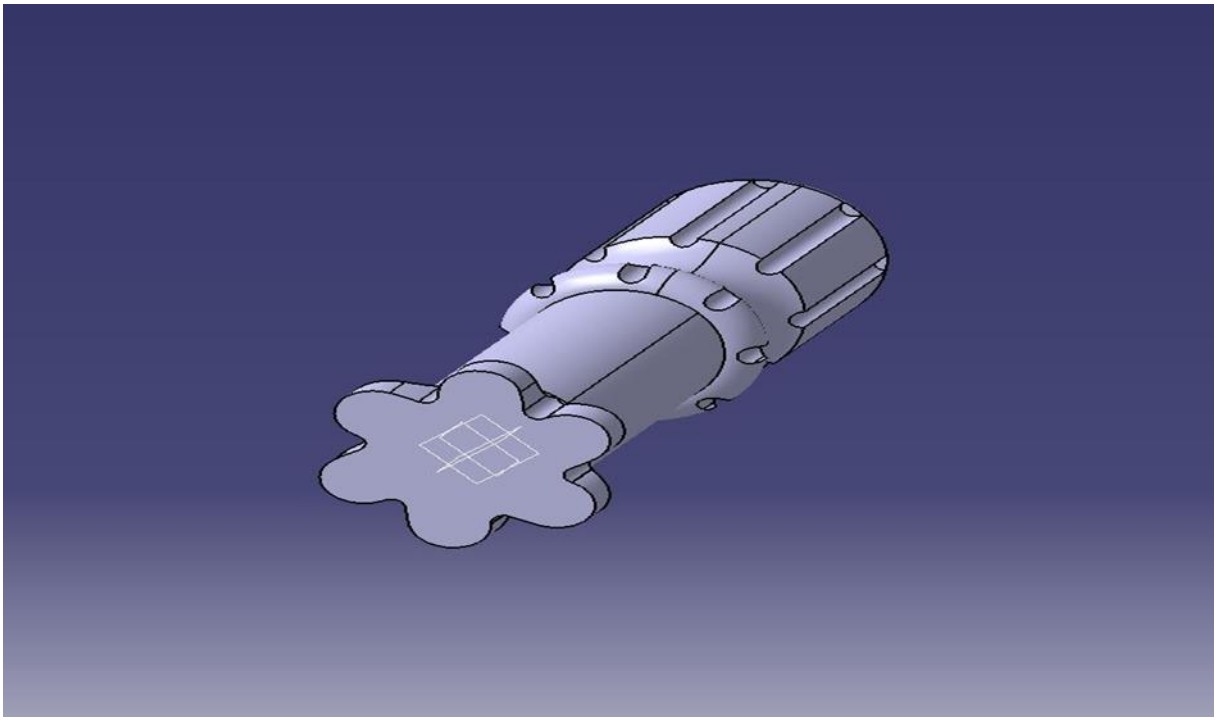
۵. مدلسازی

با استفاده نرم افزار کتیا بر طبق استاندارد های DIN۹۳۳ و DIN۹۶۳ [۸] معادل ISO ۴۰۱۷ پیچ شکل(۳) و پیچ گوشتی مدل سازی و با نرم افزار آباکوس اسمبل و تحلیل گردید.



شکل۳. پیچ سر پروانه ای طراحی شده در محیط نرم افزار کتیا

دراین حالت با توجه به شکل (۳) تمام معضلات مربوط خوردگی پیچ به صورت قابل توجهی کاهش یافت.این شکل مخصوص نیازمند پیچ گوشتی متناسب با استاندارد مربوط به خود است. شکل(۴)



شکل۴. پیچ گوشتی پروانه ای طراحی شده در محیط نرم افزار کتیا

این مدل سازی بر طبق استاندارد ها جنس دو قطعه از نوع فولاد (ss)۱۰۳۵ قرار داده شده و این جنس از مشخصات شکل(۵) تشکیل شده است. برای تحلیل این دو قطعه از این مشخصات استفاده شده است.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	204999.9984	N/mm^2
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Tensile Strength	585.0000029	N/mm^2
Yield Strength	282.685049	N/mm^2
Tangent Modulus		N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-005	/K
Mass Density	7850	kg/m^3
Hardening Factor	0.85	N/A

شکل۵. جدول مشخصات فولاد (ss)۱۰۳۵

تحلیل و مقایسه دو پیچ با توجه به رفتار الاستوپلاستوی فولاد[۹]، بر خورد صفحه با صفحه با اصطکاک۰٫۱صورت پذیرفته است. از سویی در این تحلیل ته گل پیچ به طور کامل ثابت گشته و تمامی درجات آزادی آن گرفته شده است، زیرا بیشتر لهیدگی در گل پیچ از هنگامی شروع می گردد که پیچ به طور کامل بسته و به ته کورس خود رسیده است.

۶. نتایج و بحث

حال پس از طراحی و تحلیل، به کمک نرم افزار نمودارهای مروبط به جابه جایی، تنش و کرنش مربوط به دو پیچ ستاره ای و سر پروانه ای استخراج، بررسی و مقایسه می گردد.

کاهش تنش و کرنش نشان دهنده این است که با ثابت بودن تمامی شرایط از جمله گشتاور در هر دو پیچ میزان لهیدگی(خوردگی) در پیچ سر پروانه ای کمتر است.

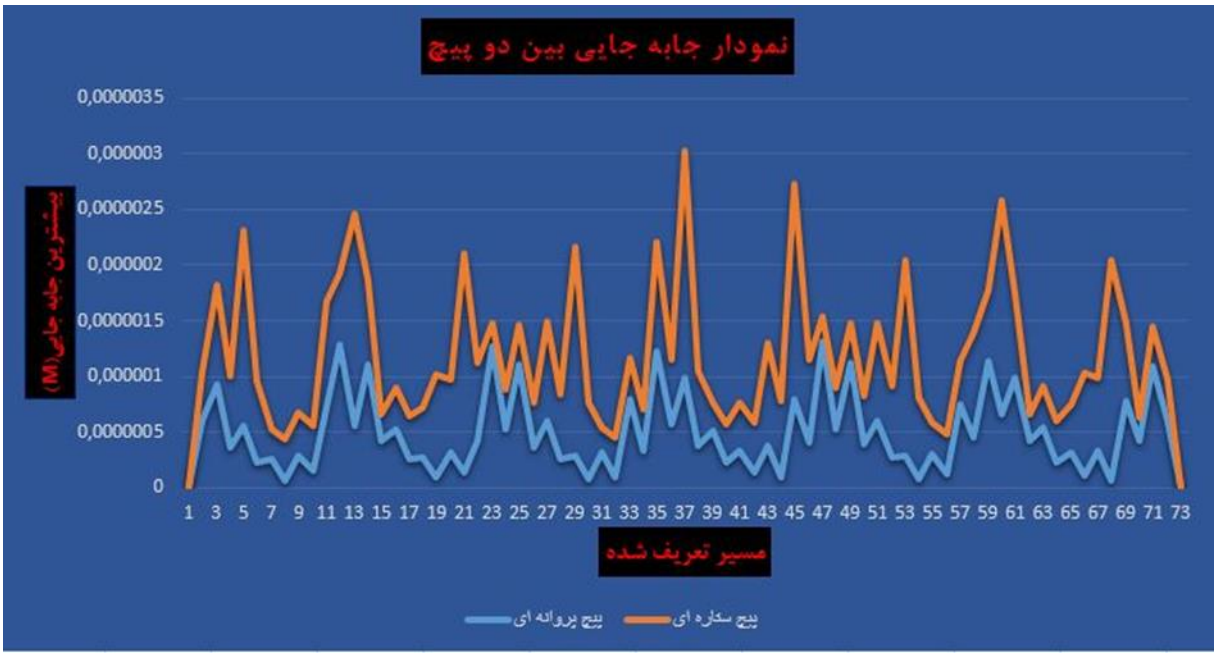
تمامی نمودارها توسط داده ها خروجی آباکوس بر حسب مسیر پیش فرض تعیین شده در طول منحنی رسم شده برگل پیچ کشیده شده است.

مسیر تعیین شده قسمت لبه پیچ که بیشترین مقدار تنش وجود دارد (محل اتصال دو قطعه) ، تعریف گردیده است. این تحلیل همراه مقیاس با فرض ثابت بودن تمامی پارامترها برای هر دو پیچ سرپروانه ای و پیچ ستاره ای انجام و نتایج به دست آمده با هم مقایسه شده است.

۷. نمودار جابجایی

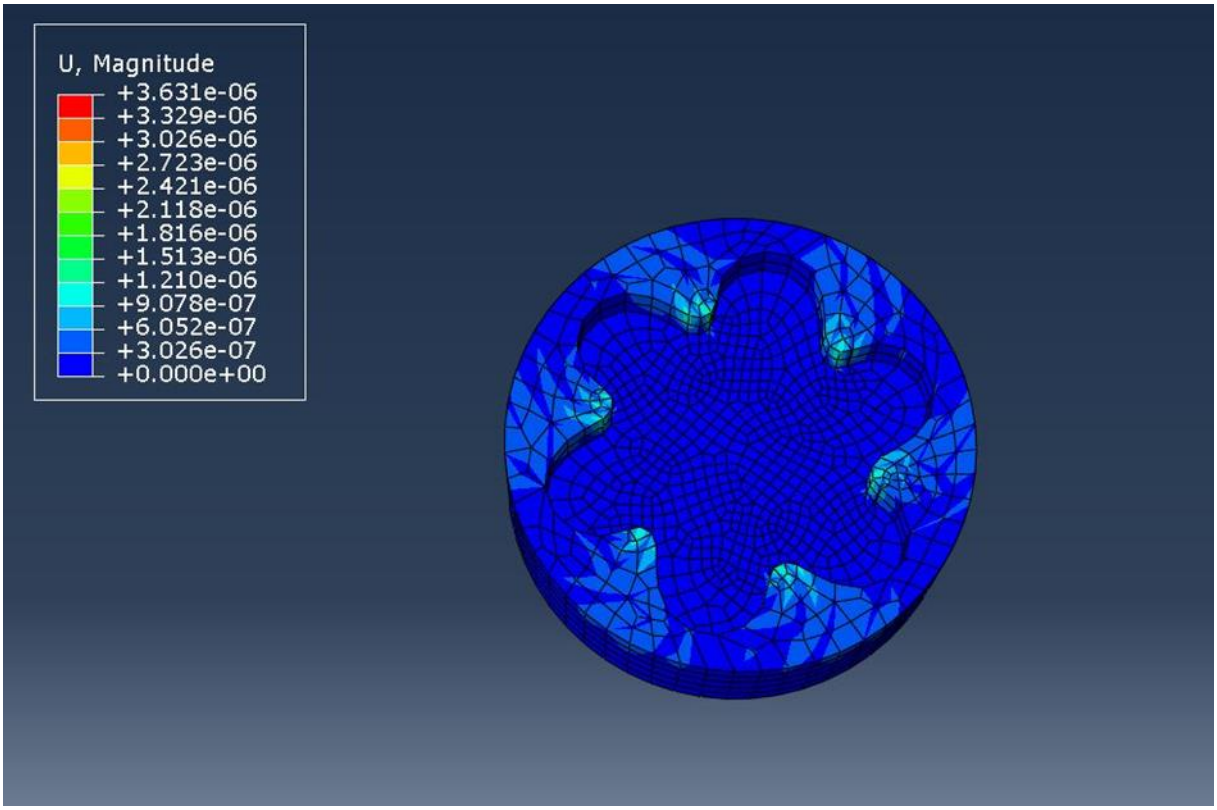
در نمودار جابه جایی شکل(۶) همان گونه که ملاحظه می گردد منحنی سینوسی مربوط به پیچ پروانه ای با انتقال کلی نسبت به منحنی سینوسی پیچ ستاره ای پایین تر رفته است و این بدان معنی است که با میزان نیرویی مشخص جابه جایی نود ها در هر قسمت کمتر از مقدار پیچ ستاره ای می باشد.

بیشترین جابه جایی در پیچ پروانه ای و ستاره ای به ترتیب به مقدار ۰,۰۰۳۶۳mm و ۰,۰۰۲۰۳mm و تفاوت بیسترین جابه جایی در این دو پیچ ۰,۰۰۱۶mm می باشد.

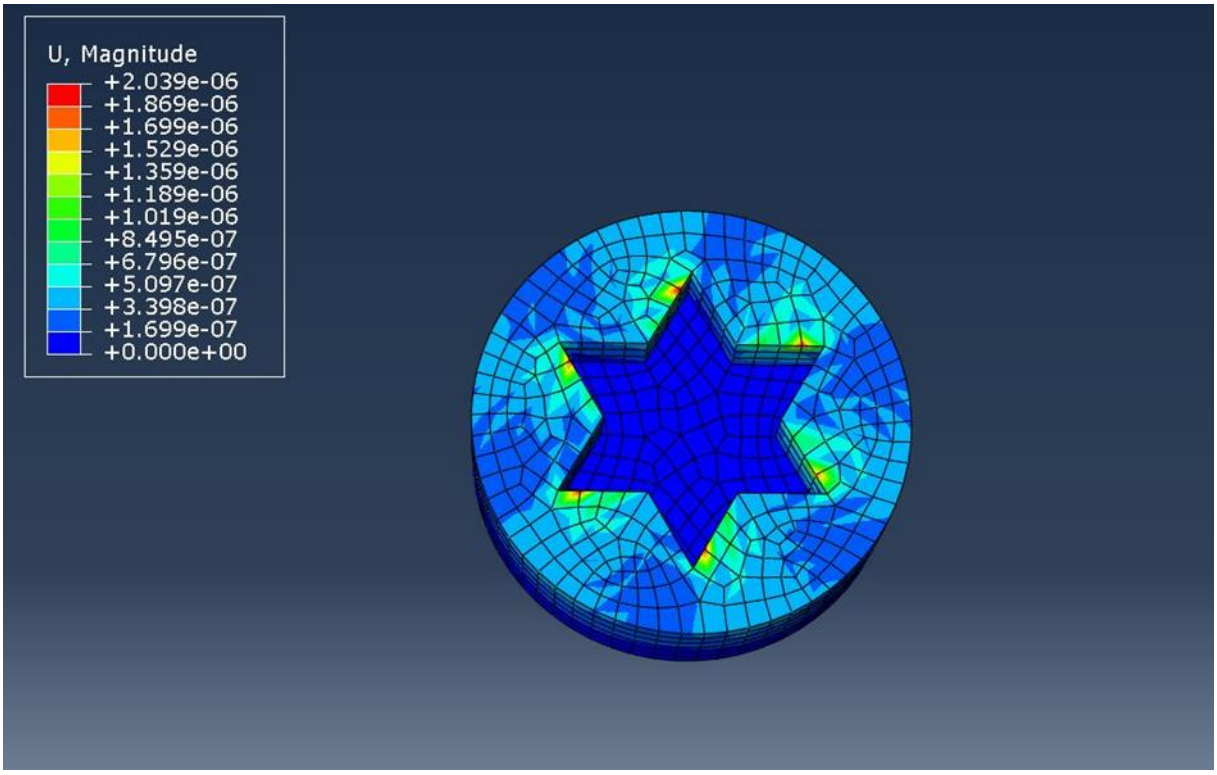


شکل۶. نمودار جابجایی

پیچ ستاره ای در شکل(۸) و پیچ پروانه ای در شکل(۷) با توجه به رنگ ها میزان جابه جایی در سمت چپ شکل نشان داده شده است.



شکل۷. جابجایی در پیچ پروانه ای



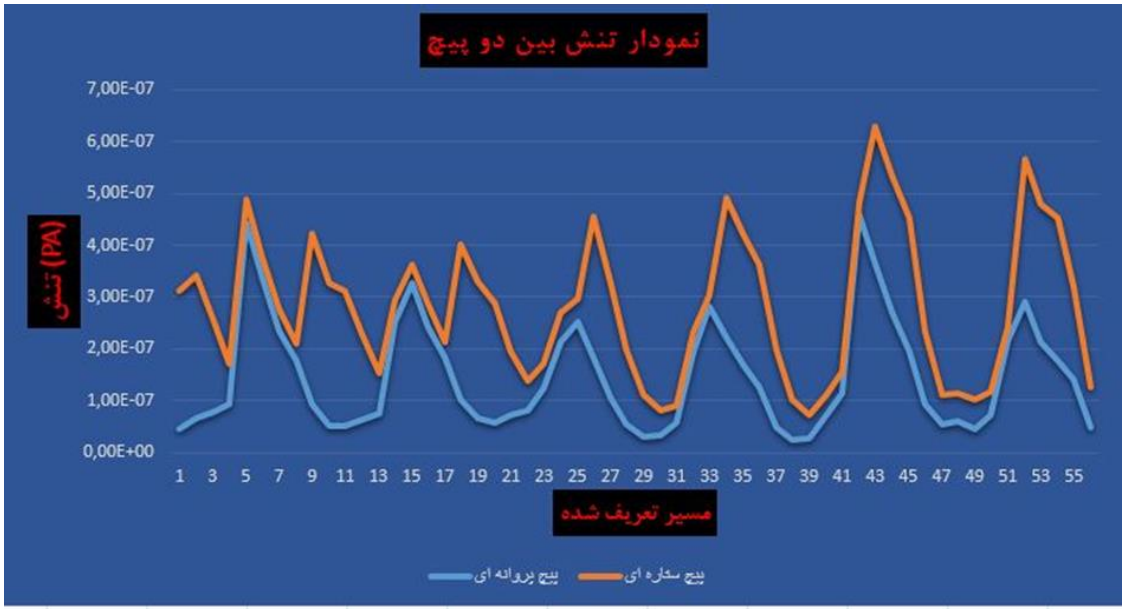
شکل۸. جابجایی در پیچ ستاره ای

۸. نمودار تنش

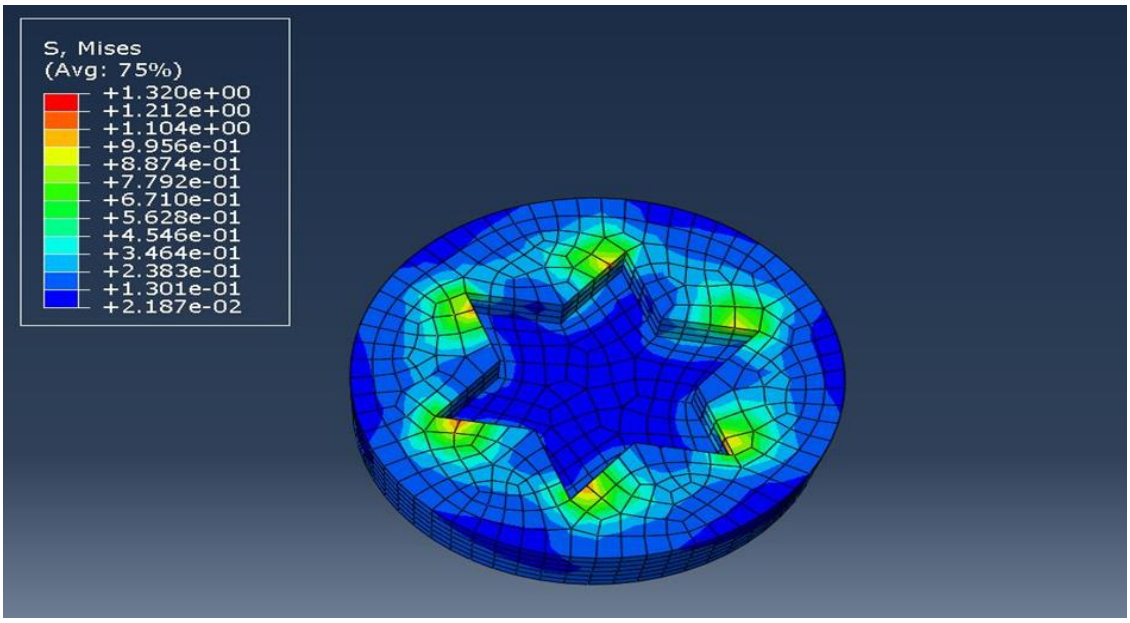
در شکل نمودار (۹) $\sigma\ (N/m^2)$ تنش در دو پیچ مقایسه گردیده و تنش های ایجاد شده هر دو پیچ در شکل های (۱۰و۱۱) به صورت واضح قابل مشاهده است.

چنانچه مشاهده می گردد، تنش در لبه های گل پیچ در پیچ ستاره ای در نقطه های ۲۵،۳۳،۴۱،۵۱ به بیشترین مقدار خود می رسد. این در حالی است که در پیچ پروانه ای در این نقاط به مقدار کم و یکسان تنش ایجاد شده است.

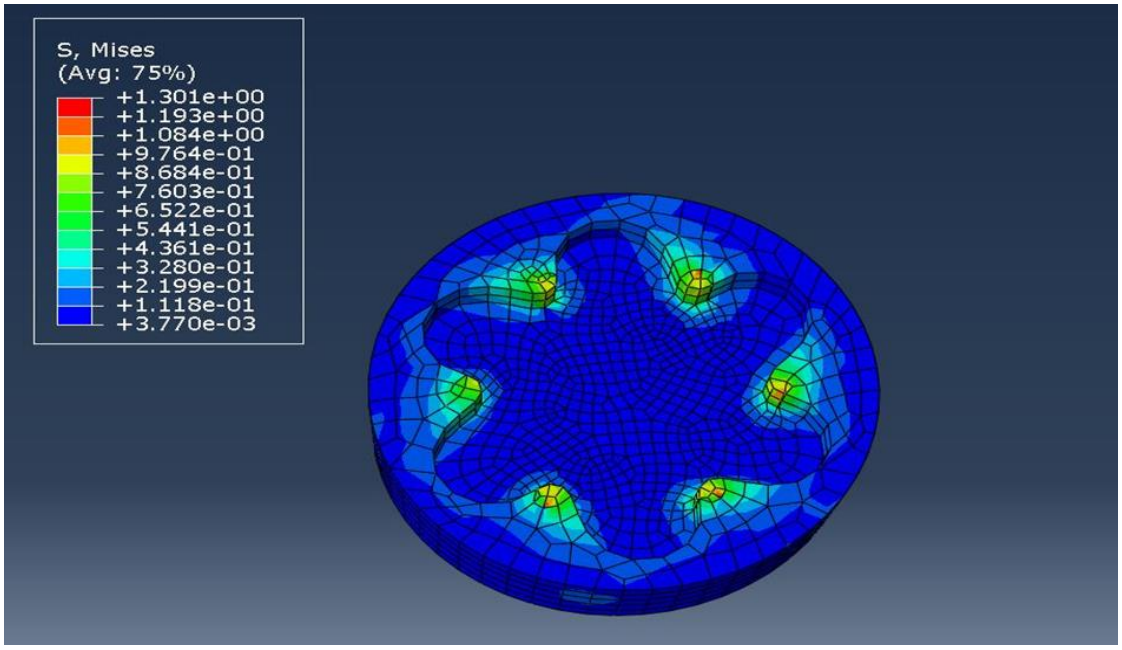
تنش ایجاد شده به وسیله نیرو برای بستن پیچ را می توان به نوعی تنش پسماند در پیچ تلقی نمود که در دراز مدت امکان صدمه زدن و لهیدگی پیچ از قسمت گل آن را بالاتر می برد.



شکل۹. نمودار تنش در دو پیچ



شکل۱۰. تنش در پیچ ستاره ای

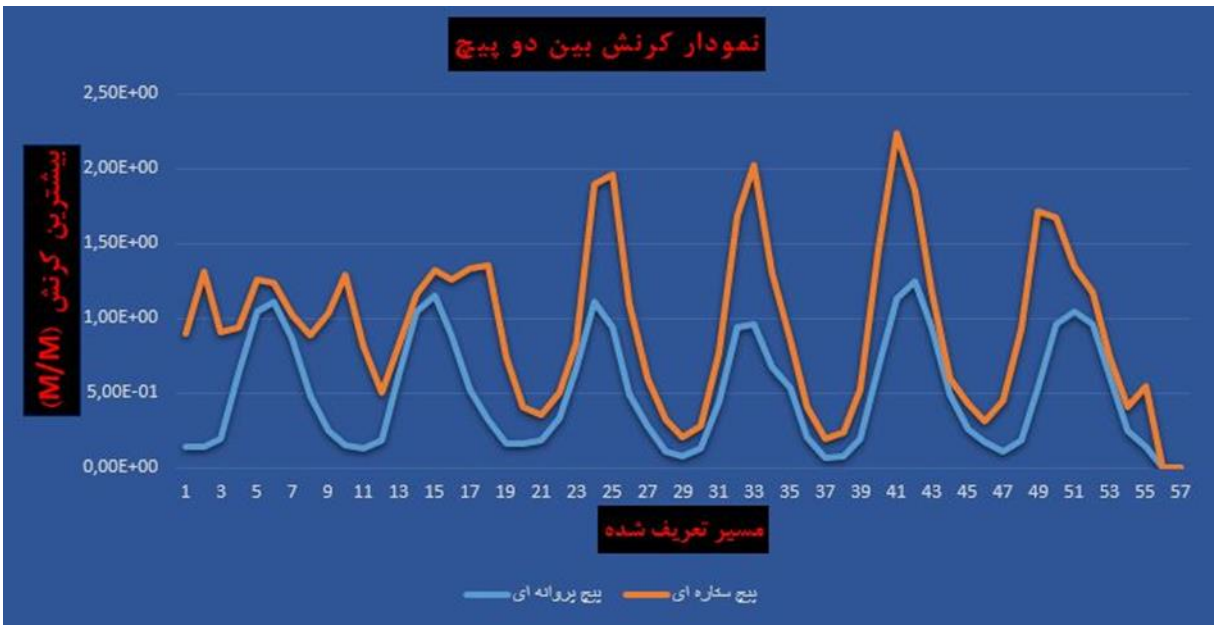


شکل۱۱. تنش در پیچ

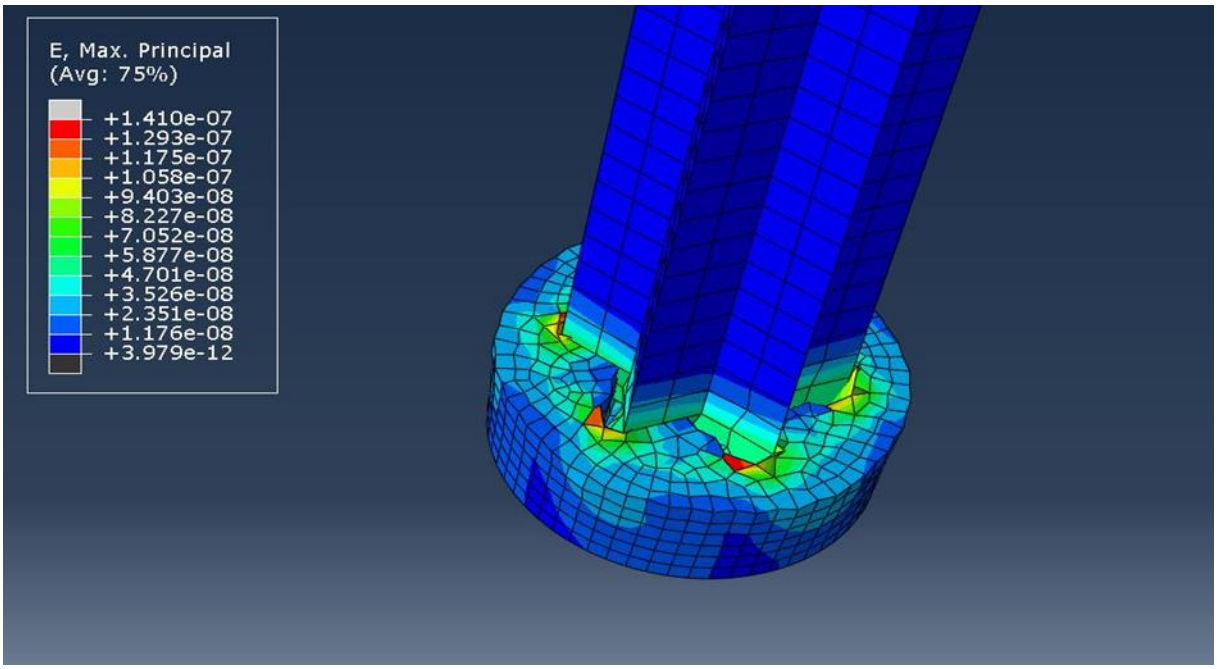
۹. نمودار کرنش

شکل(۱۲) نمودار توزیع کرنش(m/m) ε بین دو پیچ مقایسه شده و در شکل های(۱۳و۱۴) نحوه اعمال کرنش در دو پیچ را نشان می دهد. همان طور که از این شکل استنباط می شود، میزان کرنش کمتر شده و از سویی دقیقاً همانند نمودار تنش-کرنش در پیچ ستاره ای بیشتر بوده و در پیچ های پروانه ای کمتر و یکسان می باشد.

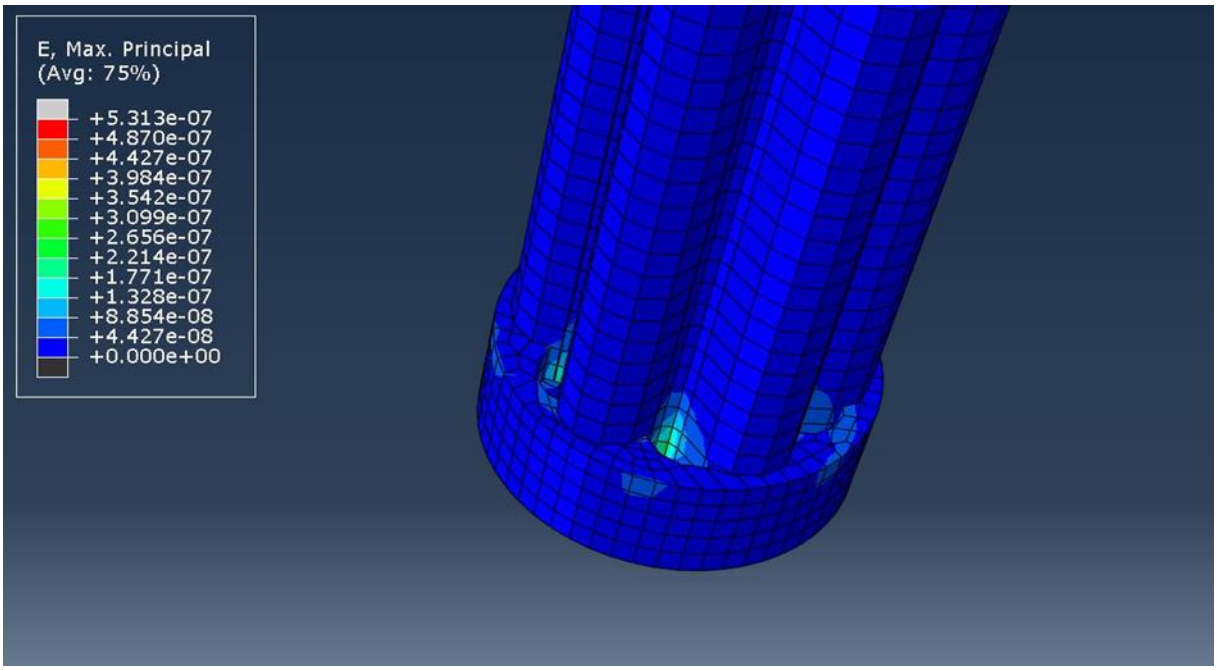
لذا با توجه به شکل می توان نتیجه گرفت در پیچ های متداول به دلیل تمرکز کرنش در لبه ها ، میزان خوردگی به شدت افزایش می یابد.



شکل۱۲. نمودار کرنش در دو پیچ



شکل۱۳. کرنش در پیچ ستاره ای به همراه تغییر شکل



شکل۱۴. کرنش در پیچ پروانه ای به همراه تغییر شکل

۱۰. نتیجه گیری

در این تحقیق، تحلیل پیچ در برابر خوردگی ناشی از گشتاور پیچ پروانه ای و مقایسه آن با پیچ ستاره ای بررسی شد. سپس دو پیچ مورد نظر به روش تحلیلی در نرم افزار آباکوس تحلیل گردیدند و نمودارهای مربوط به جابه جایی، تنش و کرنش توسط نرم افزار استخراج و مقایسه گشت.

نتایج نشان می دهد که در پیچ پروانه ای به دلیل نبود لبه های تیز و افزایش سطح تماس میزان تنش کاهش یافته و به تبع آن میزان خوردگی در گل پیچ کاهش می یابد.

نتایج تحلیل عددی صورت گرفته در این تحقیق برای میزان لقی ۰,۱ mm ، اندازه مش ۰,۷۳ و همچنین با جهت چرخش پاد ساعت گرد استنباط شده است.

نتایجی که در این تحقیق برای پیچ سرمدی حاصل شد به صورت مختصر عبارت ات اند از:

در پیچ پروانه ای، به دلیل افزایش سطح درگیر بین پیچ و پیچ گوشتی تنش کاهش می یابد.

کاهش کرنش و یا به عبارتی کاهش لهیدگی در قسمت گل پیچ به نحوی که در آن قسمت میزان خوردگی به صورت قابل توجهی کاهش یافته و دیگر آن که گل پیچ از بین نرود.

با توجه به شکل گل فقط باید آچار مخصوص همان سایز برای بسته یا باز کردن استفاده گردد که در نتیجه میزان خوردگی به میزان قابل توجه کاهش می یابد.

بهترین گزینه برای مواردی که نیاز به باز و بسته کردن مداوم پیچ و همچنین در محیط هایی با میزان رطوبت بالا یا در موردی که تنش پیش بار در پیچ باید حداقل ممکن باشد، خواهد بود.

منابع و مراجع

[۱] Zhou,H., Xiao,M., and Chen,J., ۲۰۱۶. "Analysis of a numerical simulation method of fully grouted and anti-seismic support bolts in underground geotechnical engineering, Computers and Geotechnics", *Computers and Geotechnics*, Vol ۷۶, pp. ۶۱-۷۴.

[۲] Ma,D., Zhao,H., Nie,W., and Gui,Y., "A numerical model of fully grouted bolts considering the tri-linear shear bond–slip model, Tunnelling and Underground Space Technology", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol ۵۴, ۲۰۱۶, Pages ۷۳-۸۰.

[۳] Croccolo,D., De Agostinis,M,. and Vincenzi,N,. ۲۰۱۶, "A contribution to the selection and calculation of screws in high duty bolted joints", *International Journal of Pressure Vessel and Piping*, Vol ۹۶, , pp. ۳۸-۴۸.

[۴] Hu,Y., Shen,L,. Nie,S,. Yang,B,. and Sha,W,. ۲۰۱۶, " FE simulation and experimental tests of high-strength structural bolts under tension", *Journal of Constructional Steel Research*, Vol ۱۲۶, , pp. ۱۷۴- ۱۸۶

[۵] بابا گلی،رامین و آرمین،. ۱۳۹۴،"بررسی مراحل ساخت و تولید انواع مختلف پیچ ها و انتخاب مناسب بر اساس محل مصرف"،*چهارمین همایش پژوهش های نوین در علوم وفناوری، به صورت الکترونیکی*، شرکت علم محوران آسمان.

[۶] محمدی، آرش ، عزیزی و عبدالحمید.، ۱۳۹۴،"اثر پارامتر های پرداخت کاری با ذرات ساینده مغناطیسی برای پرداخت پیچ های ساچمه ای"،*اولین اجلاس سالانه ملی مهندسی مکانیک و راهکارهای صنعتی*، مشهد، مرکز عملی آموزشی و پژوهشی ارگ.

[۷] A.R. Shahani, I. Shakeri, H. Moayeri Kashani, ۲۰۱۵, "Fatigue life estimation of bolts in flanges of a reinforced cylindrical shell", *Modares Mechanical Engineering*, Vol. ۱۴, No. ۱۳, pp. ۲۰۱-۲۰۸, (In Persian)

[۸] Reutlingen,ulrich fishr ؛ ترجمه ی عبدالله ولی نژاد؛ جداول و استاندارد های طراحی و ماشین سازی.

[۹] E.L. Grimsmo, A. Aalberg, M. Langseth, A.H. Clausen,. ۲۰۱۶, " Failure modes of bolt and nut assemblies under tensile loading", *Journal of Constructional Steel Research*, Vol ۱۲۶, pp. ۱۵-۲۶

[۱۰] محمد لاخی و سید احسان افتخاری شهری.،۱۳۹۵،"تحلیل پیچ مقاوم در برابر خوردگی ناشی از گشتاور(پیچ سرمدی) و مقایسه آن با پیچ دو سو"، *سیزدهمین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران*، دانشگاه صنعتی بیرجند.