

طراحی و شبیه‌سازی ربات ۶ محوره با هدف به کارگیری در فرآیند شوک‌دهی لیزری

شهاب مقدم‌راد^۱، سیدرضا شجاع رضوی^۲، امین نوراللهی^۳، محمد رضا برهانی^۴، مرتضی ایلانلو^۵

^۱ کارشناس ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اراک، sh.m.rad.71@gmail.com

^۲ استاد، دکترا مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مواد و فناوری‌های ساخت، shoja_r@mut-es.ac.ir

^۳ کارشناس ارشد، مهندس برق، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مواد و فناوری‌های ساخت، shahsavarimut@mut-es.ac.ir

^۴ کارشناس ارشد، مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مواد و فناوری‌های ساخت، amin-nour@mut-es.ac.ir

^۵ دانشجو دکترا، مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مواد و فناوری‌های ساخت، moh_borhani@mut-es.ac.ir

^۶ دانشجو دکترا، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مواد و فناوری‌های ساخت، morteza_ilanlou@mut-es.ac.ir

چکیده

در این پژوهش طراحی ربات ۶ محوره برای به کارگیری فرآیند شوک‌دهی لیزری روی قطعات با هندسه پیچیده انجام شده است. به منظور انجام تحلیل‌های استاتیکی از نرم‌افزار ANSYS/work bench 2019 R3 استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد نوک ربات دارای بیشترین تغییر شکل کل و انتهای عضو دوم (بازوی اول) دارای بیشترین تغییر شکل در راستای عمودی هستند. میانگین میزان تغییر شکل کل و میانگین میزان تغییر شکل در راستای عمودی به ترتیب برابر با $4.8308 \times 10^{-4} \text{ m}$ و $1.3364 \times 10^{-4} \text{ m}$ است. همچنین به منظور کارکرد بهینه ربات، بهینه‌سازی بازوی اول ربات در نرم‌افزار Abaqus CAE 6.14-1 مورد تحقیق قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهد با کاهش ۳۰ درصدی از جرم در نقاط دور از بارگذاری و شرایط مرزی می‌توان به شرایط بهینه دست یافت.

واژه‌های کلیدی

ربات شش محوره، شوک‌دهی لیزری، روش اجزا محدود، بهینه‌سازی.

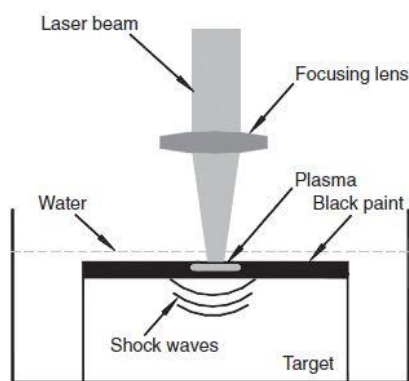
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۱. مقدمه

شوکه‌دهی لیزری^۱ (LSP) یک روش نوآورانه اصلاح سطح است که با موفقیت بر بهبود عملکرد خستگی اجزای فلزی استفاده می‌شود. پس از اعمال این روش، استحکام خستگی و عمر خستگی یک ماده فلزی را می‌توان به دلیل وجود تنش‌های پسماند فشاری در ماده به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. افزایش سختی و استحکام تسلیم مواد فلزی به آرایه‌های نابجایی با چگالی بالا و تشکیل سایر فازها یا دوقلوها نسبت داده می‌شود؛ که توسط موج ضربه‌ای ایجاد می‌شود. توانایی پالس لیزری با انرژی بالا برای ایجاد امواج ضربه‌ای و تغییر شکل پلاستیک در مواد فلزی برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ در ایالات متحده آمریکا شناسایی و بررسی شد [۱]. LSP عمدتاً برای محصولات با ارزش افزوده بالا اعمال می‌شود، زیرا هزینه فرآیند در مقایسه با سایر فرآیندهای لایه‌برداری زیاد است. مواردی وجود دارد که LSP برای قطعات منحصر به فرد در معرض بارهای خستگی مانند پره‌های توربین هواپیما و چرخ‌دنده‌های محرک هلیکوپتر و برای جلوگیری از ترک خوردگی قطعات جوش داده شده در راکتورهای هسته‌ای اعمال شده است [۲].



شکل ۱. شماتیک فرآیند شوکه‌دهی

امروزه ربات‌ها در بسیاری از زمینه‌ها مانند صنایع، بیمارستان‌ها، انبارها، بندرها و غیره استفاده می‌شوند؛ زیرا می‌توانند محموله‌های سنگین را حمل کنند و کار را سریع‌تر و هوشمندتر از انسان انجام دهند. این بازوهای رباتیک برای افزایش بهره‌وری و کیفیت محصولات به طور گسترده‌تری وارد صنایع می‌شوند. سیستم‌های رباتیک تجاری مدرن بسیار پیچیده هستند. آن‌ها با بسیاری از سنسورها و محرک‌ها که دارای DOF^۲ تعاملی زیادی هستند، ادغام می‌شوند و بیشتر آن‌ها به رابط‌های کاربری و ابزارهای برنامه‌نویسی نیاز دارند [۳]. ربات‌های صنعتی به طور گسترده در فرآیندهای ماشین‌کاری، مانند حفاری، فرز مارپیچ، برق‌کاری، قرار دادن فیبر خودکار و فرآیند مونتاژ استفاده می‌شوند. ربات‌های صنعتی با انعطاف‌پذیری، راحتی و کارایی منحصر به فرد خود قادرند این وظایف و حرکات پیچیده را به آرامی در محیط ماشین‌کاری متغیر انجام دهند [۴].

ربات‌های مفصلی رایج‌ترین انواع ربات‌های صنعتی هستند. طراحی به صورت بازو طیف گسترده‌ای از حرکت‌های چرخشی و خطی را همراه با مزایای حرکت دقیق موجب می‌شود. بازوهای مفصلی برای جوشکاری، جابجایی مواد، عملیات انتخاب مکان و توزیع ایده‌آل هستند. محورهای متعدد و درجات آزادی آن‌ها به این معنی است که در محدوده کار آن‌ها هیچ جایی وجود ندارد که نتوانند به آن برسند.

۲. مرور پژوهش‌های انجام شده

در سال ۲۰۱۲ سانچز در بررسی دینامیک ربات ۶ درجه آزادی با بررسی سینماتیک مستقیم و معکوس برای یک ربات موقعیت دهنده، روش IIK^۳ را برای تعیین مسیر ربات پیشنهاد می‌دهد [۵].

1. Laser shock peening

2. Degree of freedom

3. iterative inverse kinematics

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

در سال ۲۰۱۴ پاچاپیان و همکاران پژوهشی را بر روی طراحی بازوی ربات‌های بند بند انجام دادند. پس از انجام محاسبات و مدلسازی بازو و شبیه‌سازی بارگذاری به روی آن و محاسبه تنش و خیز وارد بر بازو و همچنین با در نظر گرفتن قابلیت ساخت، سهولت در حمل و نقل، مونتاژ و وزن بازو نتیجه گرفتند مقطع دایره‌ای نسبت به مقطع مستطیلی دارای ارجحیت است [۶].

اریکسن در سال ۲۰۱۹ نیز به روی استفاده از ربات ۶ محوره در فرآیند فرزکاری پژوهش انجام داده است. او با مهندسی معکوس یک ربات و اعمال تغییرات بر روی آن به منظور فرزکاری بیان کرده است کاهش جرم در هر عضو ربات بر دقت فرزکاری تأثیری نداشته است ولی افزایش سفتی محور دوم بیشترین تأثیر را روی دقت فرزکاری می‌گذارد. بهترین تغییر ساختاری استفاده از دو یاتاقان پشتیبانی برای محور دو و سه است که میانگین خطای موقعیت و خطای چرخش را به ترتیب تقریباً ۰.۸٪ و ۱.۳٪ کاهش می‌دهد [۷].

در سال ۲۰۲۰ راجیو و همکاران دینامیک ربات ۶ محوره صنعتی را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که نرم‌افزار ADAMS امکان ارزیابی رفتار دینامیک نمونه اولیه یک ربات در مرحله طراحی، در زمان بسیار کمتر و با هزینه کمتر، قبل از تحقق نمونه اولیه آزمایشی، را فراهم می‌آورد. با افزودن پارامترهای دیگر، مانند امکان افزایش سرعت عملیات و حفظ موقعیت دقیق، اجتناب از ارتعاش، اعتبار سنجی و بهینه‌سازی الگوریتم کنترل و ارزیابی توانایی مدل مجازی برای انجام طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها، آدامز امکان ایجاد یک ربات بهتر را در یک دوره کوتاه‌تر ارائه می‌دهد. آن‌ها همچنین تغییرات جنبشی و انرژی پتانسیل عناصر متحرک ربات، و تغییر نیروها و گشتاورها در اتصالات ربات را تحلیل کردند تا برای مطالعه رفتار مفاصل با استفاده از روش تجزیه و تحلیل اجزای محدود استفاده شوند [۸].

در سال ۲۰۲۱ اسریکانث و همکاران بر روی طراحی ربات جابجاکننده برای کاربردهای فضایی پژوهشی را انجام دادند. آن‌ها با در نظر گرفتن کامپوزیت آلومینیوم ۵۰۵۲ و فیبر کربن به منظور دستیابی به وزن سبک‌تر و همچنین استفاده از برش لیزری آکرلیک و واترجت آلیاژهای آلومینیوم به منظور دستیابی به دقت ابعاد ۰.۱ میلی‌متر، توانستند رباتی را طراحی و در شبیه‌سازی تست کنند که نه تنها کارهای ساده بلکه وظایف پیچیده را نیز با موفقیت انجام دهد [۹].

خان و کوان در سال ۲۰۱۷ ربات ۶ درجه آزادی را برای کار در زیر آب طراحی کردند. این ربات برای کارهای مختلفی نظیر جوشکاری، برش کاری و حرکت دادن قطعات طراحی شد و به دلیل محدودیت‌هایی که انسان برای کار کردن در زیر آب دارد، بسیار کاربردی می‌باشد [۱۰].

در سال ۲۰۲۱ کاپالو و همکاران تحقیقی با عنوان مدل‌سازی چند جزئی انعطاف‌پذیر برای تجزیه و تحلیل انعطاف‌پذیری ساختاری در یک ربات حمل‌کننده انجام دادند. در این مقاله انعطاف‌پذیری ساختاری یک ربات حمل‌کننده را با استفاده از تکنیک مدل‌سازی چند جزئی انعطاف‌پذیر تجزیه و تحلیل کرده‌اند. یک مدل FEM برای هر جزء انعطاف‌پذیر و برای کل ربات تعریف شده است. توابع پاسخ فرکانسی مدل چند جزئی با ارزیابی پاسخ ضربه‌ای آن به دست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که تکنیک انعطاف‌پذیر چند جزئی، در مقایسه با نتایج FEM، می‌تواند رفتار ارتعاش سیستم را به درستی نشان دهد و اختلاف فرکانس پیک کمتر از ۱ است. بهبود بیشتر روش پیشنهادی را می‌توان با تنظیم دقیق میرایی مدال به دست آورد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که چگونه انعطاف‌پذیری عضوها و مفصل‌ها بر هم تأثیر می‌گذارند و به سازگاری کلی ربات منجر می‌شود که انعطاف‌پذیری عضو در این مورد مهمترین سهم را دارد. این روش پتانسیل بالایی را به عنوان ابزار طراحی برای دستیابی به عملکرد پویای مطلوب یک ربات حمل‌کننده سبک نشان می‌دهد [۱۱].

در سال ۲۰۱۸ بوگدای و کوالی بهینه‌سازی طراحی بازوی ربات صنعتی برای به حداقل رساندن موارد اضافی انجام دادند و نتیجه گرفتند هنگامی که سیستم‌های مکانیکی که روی بارها و فرکانس‌های مختلف کار می‌کنند از نظر بهره‌وری و هزینه انرژی بهینه شوند، می‌توان به کاهش نسبی هزینه‌های عملیاتی دست یافت. با توجه به عوامل محدود کننده مانند کشش، سختی و دقت که از سیستم‌های مکانیکی انتظار می‌رود، می‌توان برخی هزینه‌ها را نادیده گرفت. با این حال، بهینه‌سازی ربات‌های با عمر طولانی نه تنها هزینه و کارایی را افزایش می‌دهد، بلکه عمر موتور را نیز افزایش می‌دهد. این مطالعه نشان داد که علیرغم کاهش ۱۰ درصدی مواد در محور دوم، هیچ‌گونه افزایش در تغییر شکل الاستیک وجود ندارد. علاوه بر این، بهبود در سختی مواد مشاهده شد [۱۲].

ژوهائو وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ طراحی بهینه ربات‌های سبک با بهینه‌سازی یکپارچه‌سازی توپولوژی و بهینه‌سازی پارامتری سیستم را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با در نظر گرفتن نیروی جاذبه در مدل سفتی ربات و انجام بهینه‌سازی در دو سطح پارامتریک و قطعه به قطعه، سفتی ربات را افزایش داده و تغییر شکل‌های آن را کاهش دادند [۱۳].

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

پیش از این برای به کارگیری فرآیند شوکدهی لیزری روی قطعات کوچک و سبک، از میز CNC سه محوره که در شکل ۲ مشخص است، استفاده شده است. اما به دلیل نیاز به اجرای شوکدهی لیزری در قطعات بزرگ، سنگین و با هندسه‌های پیچیده، استفاده از ربات مورد توجه قرار گرفت. در این مقاله طراحی ربات ۶ محوره با هدف بکارگیری در فرآیند شوکدهی لیزری مورد پژوهش قرار گرفته است. طراحی ابتدا با توجه به پارامترهای مورد نیاز در نرم‌افزار SOLIDWORKS انجام شده و برای تحلیل‌های استاتیکی و بهینه‌سازی توپولوژی به ترتیب از نرم‌افزارهای ANSYS و ABAQUS استفاده شده است.

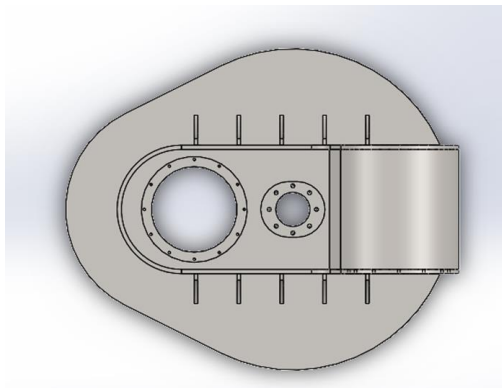


شکل ۲. میز CNC سه محوره فرآیند شوکدهی

۳. طراحی ربات

همانطور که گفته شد ربات مفصلی ۶ محوره در کاربردهای مختلفی نظیر برش، جوشکاری، مونتاژ، رنگ، چیدمان قطعات و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ربات دارای ۷ عضو اصلی که شامل ۶ عضو و شاسی اتصال به زمین می‌باشد. به دلیل اینکه همه این اجزا بجز شاسی دارای حرکت هستند، هر یک از این قطعات دارای پیچیدگی و جزئیات خاصی می‌باشد. حرکت اول ربات حرکت کل بازوهای ربات حول محور عمود بر زمین است که بر روی شاسی انجام می‌شود. برای اجرای این حرکت از شفت ثابت و موتور گیربکس استفاده شده است. شفت ثابت در قطعه‌ای گلدانی شکل قرار دارد. قطعه گلدانی خود محل قرارگیری سه برینگ تراست، تک‌ردیفه استوانه‌ای و مخروطی برای مهار انواع بارهای محوری و عرضی است.

در شکل ۳ نمای از بالای عضو اول مشاهده می‌شود که سوراخ سمت راست محل قرارگیری قطعه گلدانی و سوراخ سمت چپ محل قرارگیری سروو موتور و گیربکس است.



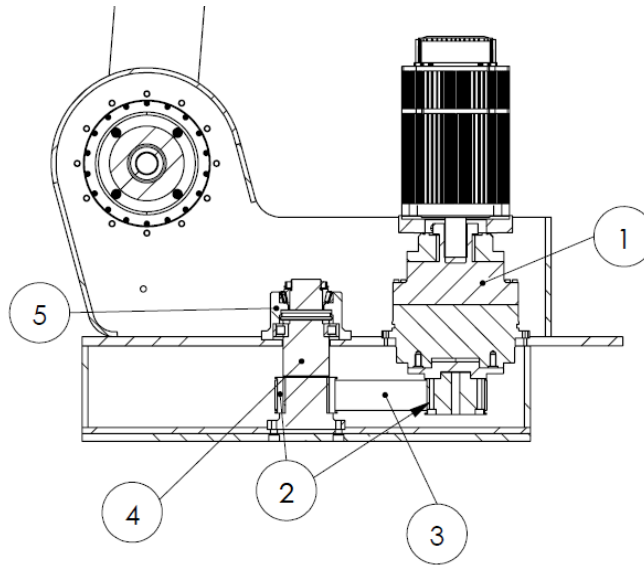
شکل ۳. نمای بالا از عضو اول و پایه و محل قرارگیری گیربکس و شفت

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

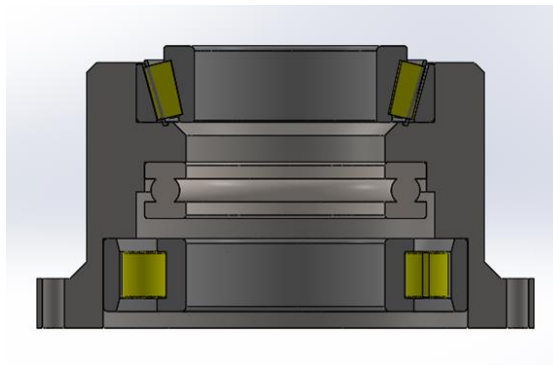
senaconf.ir

در شکل ۴ نمای برش خورده عضو اول و محل قرارگیری اجزای مختلف نشان داده شده است. در این شکل ۱. گیربکس ۲. پولیها ۳. تسمه ۴. شفت ثابت و ۵. قطعه گلدانی است.



شکل ۴. نمای برش خورده عضو اول

در شکل ۵ قطعه گلدانی نمایش داده شده است. این قطعه محل قرارگیری برینگها می باشد که از طریق پیچهای کناری به صفحه زیرین خود متصل می شود.



شکل ۵. مقطع عرضی قطعه گلدانی و برینگهای درون آن

قطعه گلدانی شکل باید به نحوی طراحی شود که امکان جا زدن شفت و برینگها درون آن فراهم باشد. به همین دلیل ماشینکاری این قطعه اهمیت زیادی دارد. قطعه دیگر این قسمت شفت ثابت می باشد که به وسیله پیچهایی در کف ربات ثابت می شود. در شکل ۶ سایر قسمت های ربات نمایش داده شده است.

در شکل ۷ مجموعه مونتاژی اجزای مختلف ربات ۶ محوره طراحی شده نمایش داده شده است. این ربات بر اساس بار وارده 10^4 کیلوگرم در قسمت نوک یا پنجه ربات و دسترسی افقی 2^5 متر طراحی شده است.

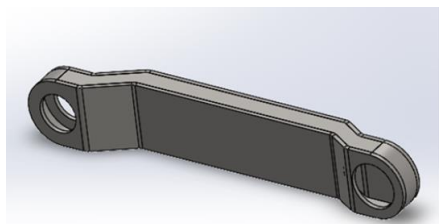
4. Pay-load

5. Reach

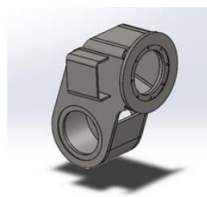
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

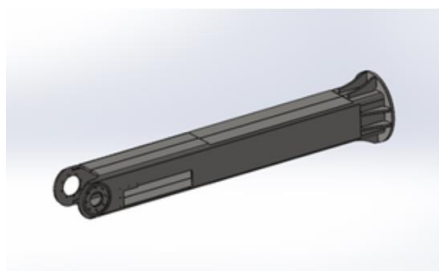
senaconf.ir



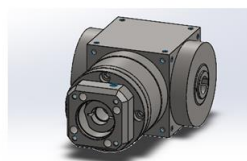
الف



ب

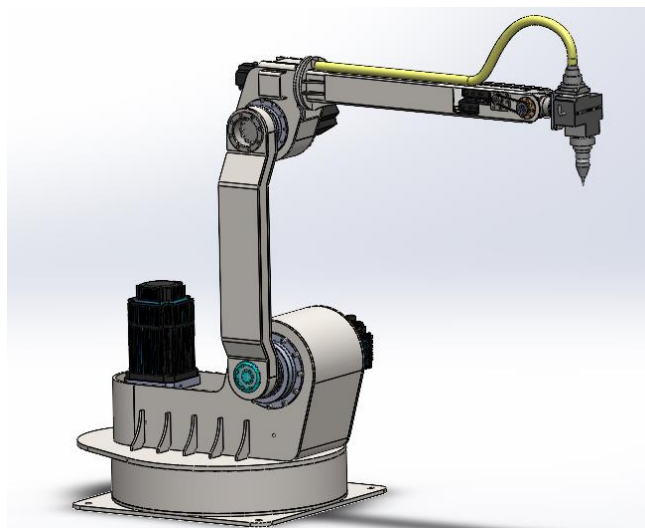


ج



د

شکل ۶. الف: عضو دوم (بازوی اول) ربات. ب: عضو سوم ربات. ج: عضو چهارم (بازوی دوم) ربات. د: عضو پنجم و ششم ربات.
گستره حرکتی هر یک از درجات آزادی ربات به همراه بیشینه سرعت حرکت در جدول شماره ۱ آورده شده است.



شکل ۷. مدل مونتاژ شده ربات

جدول ۱. گستره حرکتی و بیشینه سرعت ربات

Axis movement	Working range	Max speed °/s	Wrist Torque
Axis1 rotation	+180 -180	180	-
Axis2 arm	+192 -66	180	-
Axis3 arm	+210 -85	180	-
Axis4 rotation	+360 -360	360	6
Axis5 band	+120 -110	360	16
Axis6 turn	+360 -360	360	16

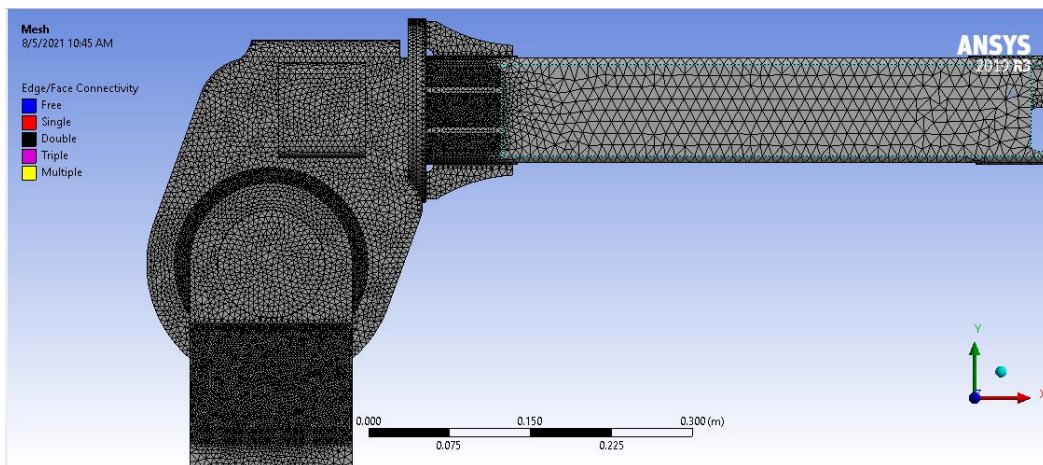
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۴. تحلیل استاتیک و بهینه‌سازی

در طراحی هر عضو با محاسبه نیروهای وارده، ابعاد و ضخامت‌های آن‌ها محاسبه و انتخاب شده است. برای تحلیل‌های استاتیکی مدل ربات در نرم‌افزار ANSYS/work bench 2019 R3 وارد شد و پس از یکپارچه‌سازی، اعمال خواص مکانیکی، شرایط مرزی و بارگذاری و مش زدن، میزان انحراف کل ربات و انحراف در راستای عمودی محاسبه شده است. خواص مکانیکی و الاستیک فولاد معمولی طبق جدول ۲ تعریف شده است. همانطور که در شکل ۸ مشخص است، با انتخاب کل هندسه، مش با نوع Mechanical با سایز 9×10^{-3} و برای دقیق شدن محاسبات در نقاطی که احتمال بروز تنش بیشتر هست با استفاده از ابزارهای Face mesh و Edge mesh مش ریزتری اعمال شده است.



شکل ۸. مش اعمال شده به ربات

جدول ۲. خواص مکانیکی به کار رفته در تحلیل استاتیکی ربات

Density	7800 kg/m ³
Young's Modulus	2.1 E11 Pa
Poisson's Ratio	0.28
Bulk Modulus	1.5909 E11 Pa
Shear Modulus	8.2031 E11 Pa
Tensile Yield Strength	2.35 E8 Pa
Compressive Yield Strength	2.5 E8 Pa
Tensile Ultimate Strength	3.6 E8 Pa

با بررسی نیروهای وارد بر ربات که ناشی از وزن بار حمل شده و همچنین وزن اجزای مختلف ربات است می‌توان پی برد که عضو دوم ربات بیشترین تنش را تحمل می‌کند. از این رو طراحی بهینه این عضو اهمیت بسزایی دارد. به همین علت در راستای طراحی بهینه عضو دوم، از ماژول Optimization نرم‌افزار Abaqus برای بهینه‌سازی توپولوژی عضو دوم استفاده شده است. پارامترهای در نظر گرفته شده در این قسمت در جدول شماره ۳ آورده شده است. در این بخش با تنظیم کردن پاسخ طراحی برای کمینه کردن انرژی کرنشی می‌توان به بیشینه سفتی دست یافت.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

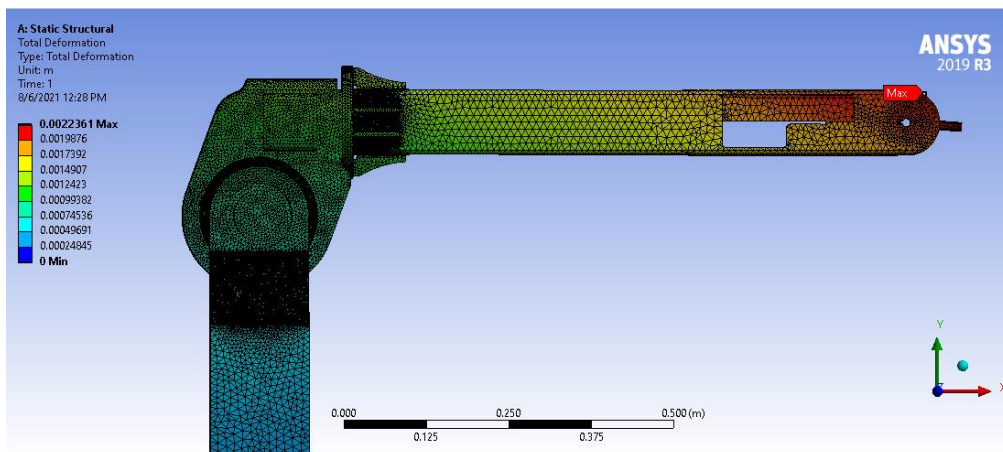
جدول ۳. تنظیمات بکار رفته در بهینه‌سازی با نرم‌افزار آباکوس

Topology optimization	Freeze load regions Freeze boundary conditions regions
Design response	Strain energy Volume
Objective function	Minimize strain energy
Constraint	Volume (A fraction of initial value = 0.4)
Geometric restriction	Planar symmetry

۵. نتایج

نتایج بدست آمده از تحلیل استاتیکی در نرم‌افزار ANSYS/work bench نشان می‌دهد، بیشترین تغییر شکل کل ایجاد شده در ربات در قسمت نوک ربات به میزان 2.2361×10^{-3} m معادل ۲,۲ میلی‌متر و میانگین تغییر کل ربات به میزان 4.8308×10^{-4} m به میزان ۰,۴۸ میلی‌متر می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۹ مشخص است، پس از نوک ربات که دارای بیشترین تغییر شکل کل است، عضو چهارم و یا به عبارت دیگر بازوی دوم ربات نیز دارای تغییر شکل می‌باشد. پس از عضو چهارم، به ترتیب عضو سوم و دوم و در نهایت عضو اول که کمترین میزان تغییر شکل را نشان داده‌اند می‌باشند.

همچنین میزان تغییر شکل در راستای عمودی نیز مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ۱۰ نشان داده شده است. بیشترین میزان تغییر شکل در راستای Y مربوط به بالای عضو دوم (بازوی اول) ربات است. زیرا این نقطه هم وزن موتور گیربکس و وزن عضو سوم را در بالای خود به طور مستقیم تحمل می‌کند و هم وزن و گشتاور ناشی از عضو چهارم و پنجم و ششم و وزن موتور گیربکس آن‌ها و باری که توسط ربات حمل می‌شود. بیشترین میزان تغییر شکل برابر با 8.2095×10^{-5} m که معادل ۰,۰۸۲ میلی‌متر است. سایر نقاط عضو دوم نیز دارای تغییر شکل نزدیک به بیشینه می‌باشد. میزان میانگین تغییر شکل محوری برابر با 1.3364×10^{-4} m و در خلاف جهت محور Y است. در مجموع با توجه به ابعاد کلی ربات می‌توان گفت میزان انحراف‌های محاسبه شده مناسب بوده و قابل صرف نظر است.

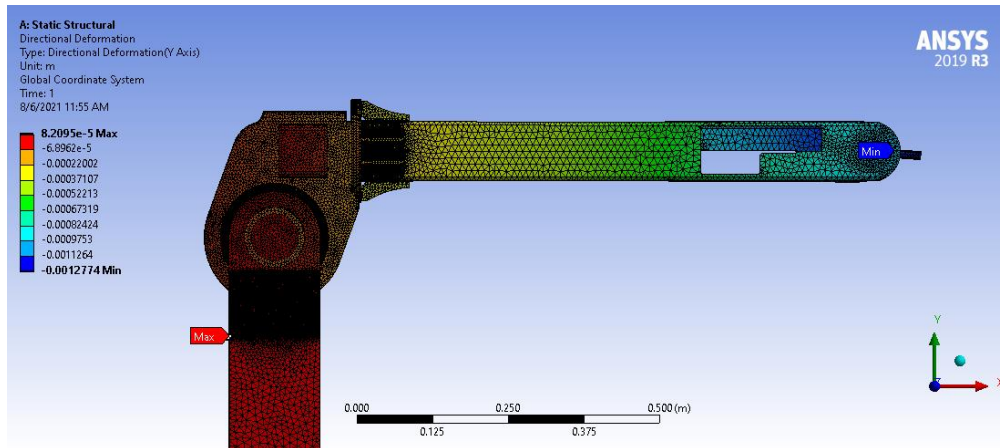


شکل ۹. تغییر شکل کل ایجاد شده در ربات

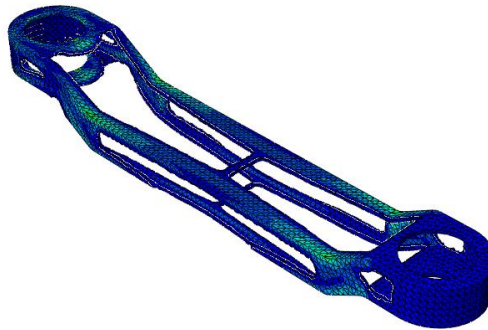
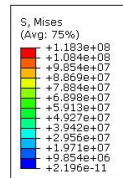
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

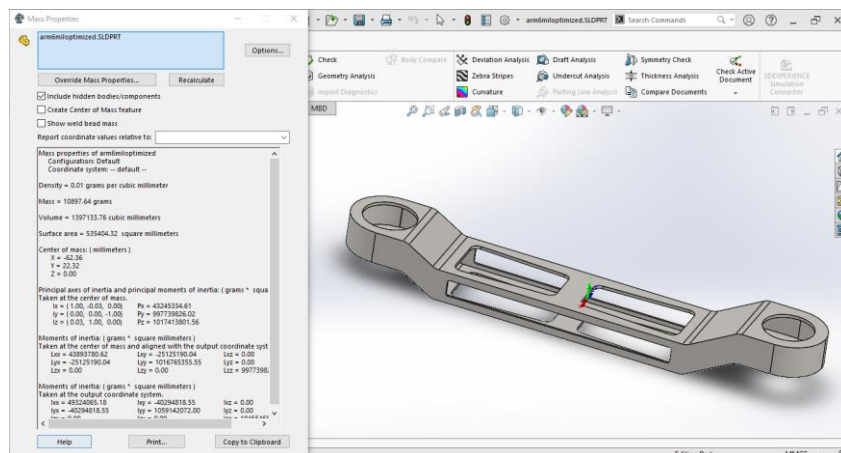
senaconf.ir



شکل ۱۰. تغییر شکل در راستای عمودی در ربات



شکل ۱۱. شکل پیشنهادی نرم افزار برای بازوی ربات



شکل ۱۲. بازوی بهینه شده ربات

پس از انجام ۳۳ سیکل و پایان فرآیند بهینه‌سازی برای بازوی ربات، نتایج نشان می‌دهند که در نقاط حذف‌فصل بین بارگذاری و شرایط مرزی و به دور از لبه‌های بازو می‌توان با حذف المان‌ها، حجم و به تبع آن جرم بازو را کاهش داد. شکل ۱۱ نقاطی را که می‌توان جرم را کاهش داد، پیشنهاد می‌دهد. در شکل ۱۲ در قسمت میانی بازوی ربات فضای خالی در نظر گرفته شده است و دو سر بازو که محل اتصال آن با سایر اجزا هست بدون تغییر باقی مانده است. با مقایسه جرم بازو در دو حالت اولیه و بهینه‌سازی شده، کاهش جرم از ۱۵۵۳۰ گرم

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

به ۱۰۸۹۷ گرم رخ داده است. این میزان کاهش جرم معادل تقریباً ۳۰ درصد کاهش جرم اولیه بازو است که میزان قابل توجهی به شمار می‌رود.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش طراحی ربات ۶ محوره برای به کارگیری فرآیند شوک‌دهی لیزری روی قطعات با هندسه پیچیده انجام شده است. انجام تحلیل‌های استاتیکی روی مدل و تغییر شکل‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که ابعاد به کار رفته در طراحی اجزای ربات با بارهای وارده از سوی نوک ربات و وزن قطعات متناسب بوده و در دقت و حرکت ربات مشکلی ایجاد نمی‌کند. همچنین به منظور کارکرد بهینه ربات، بهینه‌سازی بازوی اول ربات مورد تحقیق قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهد با کاهش ۳۰ درصدی از جرم در نقاط دور از بارگذاری و شرایط مرزی به شرایط بهینه دست یافت.

منابع

- [1] K. Ding and L. Ye, 2000. Laser Shock Peening, Performance and Process Simulation, A volume in Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, Sawston, 1-4.
- [2] Kim, R., Suh, J., Shin, D., Lee, K., Bae, S., Cho, D., Yi, W., 2021. FE Analysis of Laser Shock Peening on STS304 and the Effect of Static Damping on the Solution, Journal of Metals 11, , no. 10: 1516
- [3] Pratheep, V G., Chinnathambi, M., Priyanka, E B., Ponmurugan, P., Thiagarajan, P., 2020, Design and Analysis of six DOF Robotic Manipulator, International Virtual Conference on Robotics, Automation, Intelligent Systems and Energy (IVC RAISE 2020), Erode, India.
- [4] Li, G., Zhu, W., Dong, H., Ke, Y., 2021, Stiffness-oriented performance indices defined on two-dimensional manifold for 6-DOF industrial robot, Journal of Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 68, 102076.
- [5] Sanchez, C., 2012, Dynamics and Motion of a Six Degree of Freedom Robot Manipulator, A Thesis Submitted to the College of Graduate Studies and Research In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science In the Department of Mechanical Engineering University of Saskatchewan Saskatoon.
- [6] Pachaiyappan, S., Balraj, M M., Sridhar, T., 2014, Design and analysis of an articulated robot arm for various industrial applications, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 42-53.
- [7] Eriksson, P., 2019, Milling accuracy improvement of a 6-axis industrial robot through dynamic analysis, KTH school of technical science, Stockholm, Sweden.
- [8] Ratiu, M., Rus, A., Balas, M L., 2020, Dynamics of a 6R industrial robot, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 898, Oradea, Romania.
- [9] Sreekanth, N., Dinesan, A., Nair, A R., Udupa, G., Tirumaladass, V., 2021, Design of robotic manipulator for space applications, Materials Today: Proceedings, Volume 46, Part 10, 4962-4970.
- [10] Khan, A., Quan, W Li, 2017, Structure Design and Workspace Calculation of 6-DOF Underwater Manipulator, 14th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST) 655 Islamabad, Pakistan, 651-655.
- [11] Capalbo, C E., Carbone G., Cosco F., Galloro, Alessio., Mundo D., 2021, Flexible Multibody Modeling for Structural Flexibility Analysis of a Robotic Manipulator, Advances in Italian Mechanism Science Proceedings of the 3rd International Conference of IFToMM Italy, 200-208.
- [12] Bugday, M., Karali, M., 2019, Design optimization of industrial robot arm to minimize redundant Weight, Engineering Science and Technology, an International Journal, Volume 22, Issue 1, 346-352.
- [13] Wang X., Zhang D., Zhao, C., Zhang, P., Zhang, Y., Cai, Y., 2019, Optimal design of lightweight serial robots by integrating topology optimization and parametric system optimization, Mechanism and Machine Theory Volume 132, 48-65.