

## بهینه‌سازی پارامترهای ماشینکاری ابزار تراشکاری خود چرخان با استفاده از روش تاگوچی

حسین اسماعیلی ملک آبادی<sup>۱</sup>، احمد افسری<sup>۲</sup>، پیام سرائیان<sup>۳</sup>  
Hosein\_esmaili@yahoo.com

### چکیده

در پژوهش صورت گرفته با طراحی و ساخت ابزار تراشکاری خود چرخان به بررسی و بهینه‌سازی پارامترهای ماشین‌کاری و تاثیر آن بر روی صافی سطح آلومینیوم A199 که یکی از آلیاژهای پر مصرف در صنعت هوا فضا می‌باشد پرداخته شده است. بنابراین آزمایش‌های مورد نیاز با استفاده از روش تاگوچی طراحی گردید تا بتوان بیشترین و مهمترین اثرات تقابل را با کمترین تعداد آزمایش به دست آورد. در ادامه با استفاده از روش نسبت S/N به تحلیل و بهینه‌سازی این پارامترها پرداخته شد. در نهایت پارامترهای بهینه ماشینکاری برای رسیدن به بهترین صافی سطح ارائه شده است.

### کلیدواژه:

ابزار خود چرخان تراشکاری - صافی سطح - تاگوچی - نسبت S/N

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۳- کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

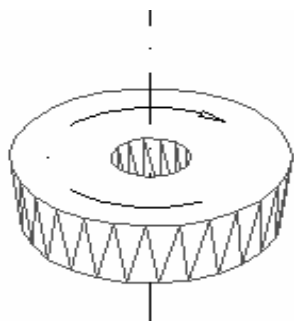
## ۱- مقدمه

با توجه به اینکه در هنگام فرزندکاری حرکت دورانی را ابزار و حرکت پیشروی را قطعه کار دارد این موضوع باعث می‌گردد عمر ابزار افزایش یابد زیرا ابزار فرصت خنک‌شدن در محیط را پیدا می‌کند ولی در عین حال کیفیت سطح کاهش می‌یابد. در مقابل در ماشین‌های تراش، قطعه کار حرکت دورانی دارد و ابزار ثابت می‌باشد. این حالت باعث می‌گردد کیفیت سطح مطلوبی به دست آید لیکن عمر ابزار می‌یابد، زیرا در منطقه برش دما به شدت بالا رفته و امکان خنک‌کاری مطلوب وجود نخواهد داشت. در ابزارهای چرخشی به علت اینکه هم ابزار حرکت چرخشی دارد و هم قطعه کار، ابزار فرصت خنک‌کاری بیشتری خواهد داشت، و این امر باعث افزایش طول عمر ابزار می‌گردد و همچنین صافی سطح بهتری به دست می‌آید [۲]. در سال ۱۹۶۸ ابزاری به صورت دوار توسط دو محقق انگلیسی به نام‌های راماسوامی و کونیکزبرگ طراحی و ساخته گردید که به صورت آزاد مورد چرخش قرار می‌گرفت از نتایج آزمایشات آنها می‌توان به افزایش عمر ابزار تا سه برابر و کاهش نیروها تا نصف اشاره نمود [۱]. یکی دیگر از مزایای ابزارهای چرخشی این است که استفاده از این نوع ابزارها باعث می‌شود که نیروهای گیره‌بندی ابزار کاهش یابد که این موضوع می‌تواند باعث کاهش استهلاک ماشین تراش شود. به منظور انتخاب پارامترهای ماشین‌کاری صحیح و کاهش هزینه‌های تولید دانستن قابلیت ماشین‌کاری این ابزار، ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله، ساخت یک ابزار خود چرخان تراشکاری مورد تحقیق قرار گرفته است. مراحل ساخت ابزار چرخان شامل طراحی ابزار، تحلیل نیرویی ابزار و ساخت آن می‌باشد. متغیرهای مستقل ماشین‌کاری استفاده شده شامل، سرعت برشی، سرعت پیشروی، عمق براده برداری، تعداد دوران ابزار و جهت دوران ابزار (ساعت گرد یا پاد ساعت گرد) می‌باشد، اما از پارامترهای وابسته تنها تغییرات صافی سطح مورد بررسی قرار گرفته است [۲].

## ۲- طراحی و ساخت ابزار خود چرخان تراشکاری

هدف اصلی که در طراحی ابزار مد نظر این است که بتوان، ابزار اینسرتی گرد را حول مرکز خود با سرعت‌های مورد نظر به چرخش

درآورد. شکل (۱) نحوه قرارگیری ابزار اینسرتی گرد را روی ابزارگیر نشان می‌دهد. ابزار اینسرتی گرد که در وضعیت افقی است دارای یک درجه آزادی و آن هم چرخش حول مرکز خود می‌باشد. این چرخش به گونه‌ای طراحی شده که علاوه بر قابل تنظیم بودن دور آن، در هنگام انجام تراشکاری نیز تغییری در عده دوران آن ایجاد نمی‌گردد [۳].



شکل (۱): نحوه قرارگیری ابزار اینسرتی گرد روی ابزار گیر

علاوه بر موارد ذکر شده، در طراحی و ساخت این ابزار به چند نکته توجه ویژه شده‌است که عبارتند از:

- ۱- ابزار چرخان ضمن ساده بودن، فضای کمی اشغال کند، چرا که در دستگاه تراش بر روی سوپورت فوقانی مابین ابزار و قطعه کار محدودیت فضا وجود دارد.
- ۲- طراحی به صورتی باشد که ساخت ابزار چرخان را بتوان با دستگاه‌های معمول تراشکاری انجام داد.
- ۳- سرعت ابزار چرخان متغیر بوده و می‌توان هفت دور مختلف را در جهت‌های پاد ساعت گرد و ساعت گرد روی آن اعمال نمود. از طرفی از موتور الکتریکی استفاده گردد که توان تولید گشتاور مورد نیاز جهت دوران ابزار را داشته باشد.
- ۴- ابزار به گونه‌ای طراحی شود که امکان باز و بسته کردن آن بر روی دستگاه تراش به سادگی ممکن باشد.

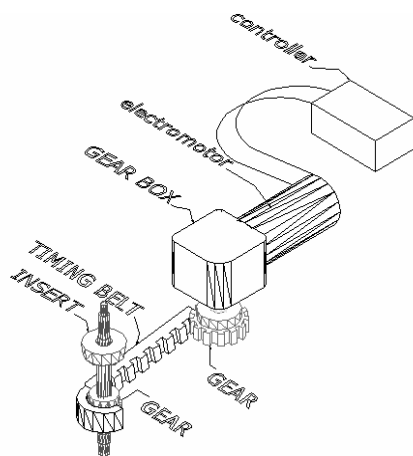
این دستگاه شامل سه قسمت اصلی می‌باشد که عبارت است از:

الف) تامین نیرو

ب) شافت

ج) بدنه اصلی

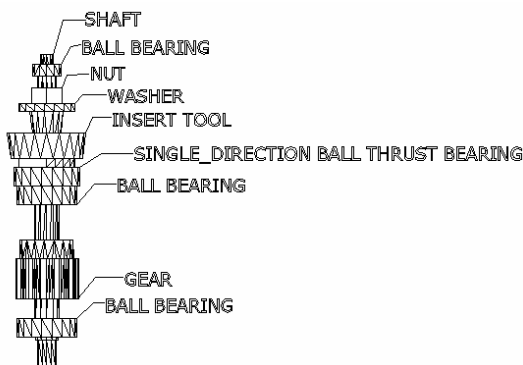
عده دوران خروجی توسط دو چرخ دنده و یک تسمه تایمینگ به شافت متصل به ابزار اینسرتی، انتقال می‌یابد. استفاده از تسمه تایمینگ، افت توان را در زمان انتقال تا حد زیادی کاهش می‌دهد.



شکل(۲): نمای شماتیک از مکانیزم تامین نیرو

## ۲-۲- شافت

مهمترین قسمت دستگاه ابزار چرخان، شافت آن می‌باشد که ابزار اینسرتی بر روی آن نصب می‌گردد. بر روی شافت طراحی شده، سه بلبرینگ به عنوان تکیه‌گاه و غلبه بر نیروهای شعاعی و یک یاتاقان کف گرد جهت غلبه بر نیروهای محوری قرار دارد.



شکل(۳): نمای شماتیک از شافت به همراه اجزای نصب شده بر روی آن

دوران و گشتاور مورد نیاز نیز توسط یک تسمه تایمینگ از قسمت تامین نیرو، به شافت انتقال پیدا کرده و توسط یک چرخ دنده دریافت می‌شود. شکل(۳) شافت طراحی شده به همراه اجزایی که بر روی آن نصب گردیده است را نشان می‌دهد. با توجه به این که احتمال تعویض ابزار در هنگام تراشکاری وجود دارد، شافت به

## ۲-۱- تامین نیرو

این قسمت از ابزار، تامین‌کننده دوران ابزار اینسرتی می‌باشد که در شکل(۲) نشان داده شده است و این دوران باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- ۱- دوران بتواند به صورت ساعت گرد و پاد ساعت گرد انجام گیرد.
  - ۲- در زمان براده برداری ابزار، مقدار گشتاور ایجاد شده کاهش پیدا نکرده و منبع نیرو توانایی تولید این گشتاور را بدون هیچ نوسانی داشته باشد.
  - ۳- از منبع نیرویی استفاده شود که توانایی ایجاد عده دوران‌های مختلف را دارا باشد و این خصوصیت هم در دورهای ساعت گرد و هم پاد ساعت گرد قابل اجرا باشد(شکل ۲).
- جهت رسیدن به خصوصیتی که در بالا ذکر گردید قسمت تامین نیرو متشکل از سه بخش زیر طراحی گردید:

۱- الکترو موتور: از الکتروموتور جهت تامین دوران مورد نیاز ابزار اینسرتی گرد استفاده شده است. این الکترو موتور DC بوده و دارای توان ۹۰ وات می‌باشد. در انتخاب این الکترو موتور همچنین به ابعاد آن توجه شده است و به گونه‌ای است که فضای زیادی را اشغال نکند.

۲- گیربکس مینیاتوری: با توجه به اینکه مقدار دوران الکتروموتور بیش از حد نیاز است از این گیربکس جهت کاهش تعداد دوران الکتروموتور استفاده گردیده است. این گیربکس دارای اندازه و ابعاد کوچک بوده و در سر جلوی الکتروموتور نصب می‌شود. گیربکس‌های مینیاتوری دارای دقت بالایی بوده و دارای راندمان بالا می‌باشند.

۳- کنترلر: از کنترلر جهت تنظیم و تغییر دوران ابزار اینسرتی استفاده شده است. این وسیله با الکتروموتور در ارتباط بوده و دارای خصوصیات زیر می‌باشد:

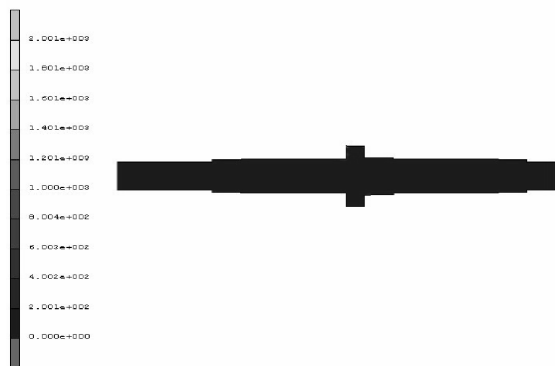
الف: بوسیله این کنترلر می‌توان تعداد هفت دور مختلف بر روی الکتروموتور اعمال نمود.

ب: عده دوران‌های ایجاد شده را می‌توان توسط کنترلر به صورت ساعت گرد و پاد ساعت گرد اجرا نمود.

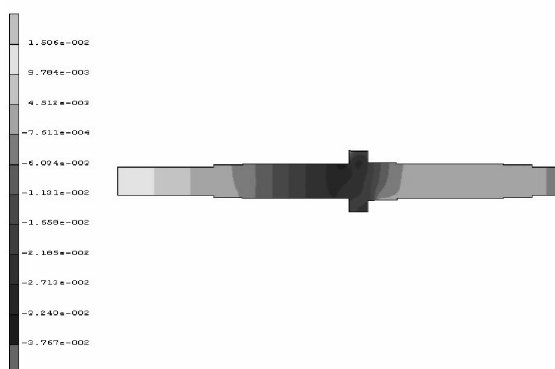
ج: کنترلر دارای باز خورد<sup>۱</sup> بوده و در صورتی که عده دوران نامی با عده دوران در حال انجام متفاوت باشد، توسط کنترلر اصلاح می‌گردد.

گونه‌ای طراحی گردیده است که امکان تعویض ابزار اینسرتی ممکن بوده و این کار با باز کردن مهره‌ای که بر روی شافت قرار دارد، امکان پذیر شده است.

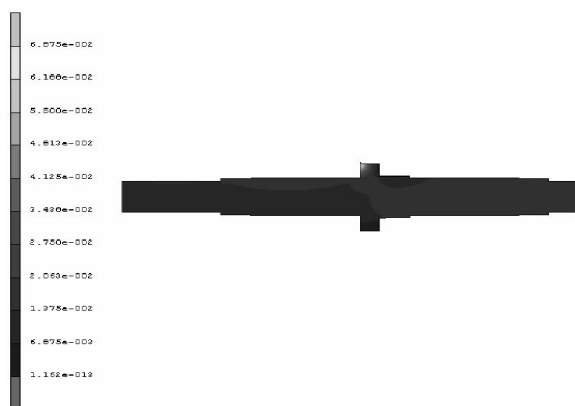
۳ KN، نیروی محوری ۱۰/۵ KN و المان استفاده شده از نوع چهارگوش می‌باشد. از فولاد جنس ۱۰۴۵ با مدول الاستیسیته، E<sup>۱۱</sup>  $2/01 \times 10^3$  انتخاب گردیده است. در شکل (۵) مقدار تنش برشی<sup>۳</sup> تحلیل شده نشان داده شده است.



شکل (۵): آنالیز تنش برشی اعمال شده بر شافت



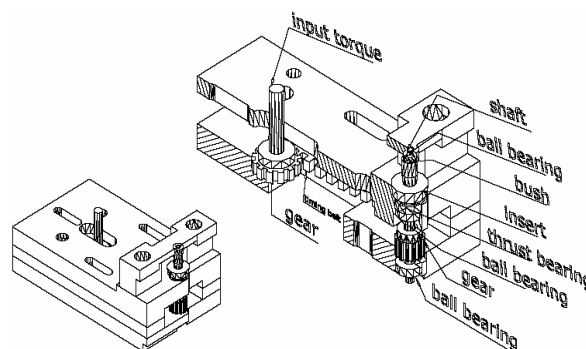
شکل (۶): مقدار جابه‌جایی در راستای محور Y که ماکزیمم ۰/۰۱ میلی‌متر



شکل (۷): مقدار جابه‌جایی در راستای محور Y که ماکزیمم ۰/۰۱ میلی‌متر

۲-۳- بدنه اصلی

بدنه اصلی به گونه‌ای طراحی شده که از یک سو نگهدارنده ابزار اینسرتی و الکتروموتور و از سوی دیگر دارای موقعیت‌های مورد نیاز جهت نصب بر روی دینامومتر جهت اندازه‌گیری نیروهای وارده به ابزار باشد. شکل (۴) قسمت‌های مختلف ابزار چرخان را نمایش می‌دهد. چنانکه مشخص است توان مورد نیاز دستگاه ابزار چرخان پس از تامین توسط الکتروموتور، توسط تسمه تایمینگ به شافت اصلی انتقال پیدا می‌کند و با به چرخش درآوردن این شافت، دوران و توان مورد نیاز ابزار اینسرتی گرد تامین می‌گردد.



شکل (۴): نمای شماتیک کلی از مکانیزم ابزار چرخان

به‌منظور اطمینان از طراحی فوق، تحلیل‌های مختلفی بر روی شافت انجام گرفت و صحت طراحی‌های انجام گرفته، مورد نقد و بررسی صورت گرفت. که در ادامه، تحلیل ابزار اینسرتی آمده است.

### ۳- تحلیل ابزار طراحی شده

با توجه به این که شافت دستگاه ابزار خود چرخان مهمترین قسمت آن می‌باشد، جهت بررسی تنش‌های ایجاد شده در شافت در زمان بارگذاری، شافت تحت معیار شکست ون میزس و توسط نرم افزار ام.اس.مارک<sup>۲</sup> مورد تحلیل قرار گرفت. نیروی برشی بارگذاری شده

نظر می‌گیرد [۴]. مزیت استفاده از آرایه‌های متعامد تاگوچی، تعداد کم اجرای آزمایشات می‌باشد [۵]. برای انجام طراحی آزمایشات، فاکتورها و مقادیر فاکتورها مشخص گردیدند. فاکتورهای انتخاب شده عبارتند از:

الف) سرعت پیشروی دستگاه تراش

ب) دوران محور اسپیندل دستگاه تراش

ج) عمق بار

د) عده دوران ابزار

ه) جهت چرخش ابزار

فاکتورهای انتخاب شده براساس عوامل موثر در تراشکاری، توانای و قابلیت‌های دستگاه تراش و توانایی‌های کنترلر دستگاه ابزار خود چرخان انتخاب گردیده است. مقدار فاکتورها و تعداد فاکتورها در جدول (۱) آمده است. با توجه به فاکتورها و مقادیر فاکتورهای تعیین شده، پنجاه آزمایش توسط روش تاگوچی طراحی گردید. آزمایش بدین صورت انجام گرفت که با تغییر متغیرهای مستقل ماشین‌کاری بر طبق پنجاه آزمایش طراحی شده توسط روش تاگوچی، ماشین‌کاری صورت گرفت. طراحی آزمایش تاگوچی در جدول (۲) آمده است.

#### ۵-۲- بدست آوردن خروجی

پس از انجام آزمایش توسط زبری سنج ذکر شده، مقدار زبری تمام آزمایش‌ها سه بار اندازه‌گیری گردید. در جدول (۲) این نتایج به همراه جدول تاگوچی<sup>۵</sup> آمده است.

#### ۶- تحلیل نسبت S/N

جهت تشخیص و به‌دست آوردن شرایط بهینه از بین اجراهای آزمایشی از تحلیل نسبت S/N استفاده گردیده است. ایده اصلی پنهان در این تحلیل این است که شرایط بهینه که در مسائل کنترل کیفیت و طراحی مطمئن بسیار مطلوب است، شرایطی است که در آن حساسیت عملکرد و یا خروجی نسبت به نویزها کمترین مقدار باشد [۶].

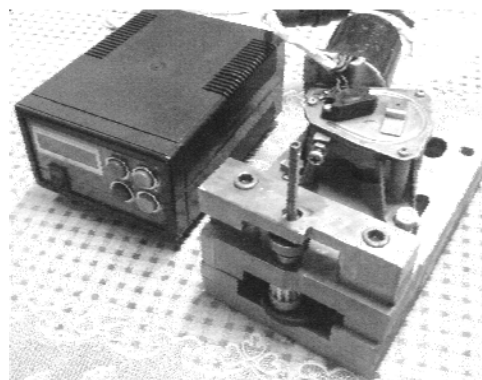
پارامتر نسبت S/N برای تمامی صافی سطح‌های به‌دست آمده حاصل از انجام آزمایشات از رابطه (۱) به‌دست آمده است [۶]:

$$S / N = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

شکل (۶) و (۷) مقدار جابه‌جایی شافت را در دو جهت X-Y نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل‌ها مشخص است در بحرانی‌ترین حالت، مقدار جابه‌جایی ۰/۰۱ میلیمتر می‌باشد که از نقطه نظر مهندسی قابل قبول می‌باشد. با توجه به آنالیزهای به‌دست آمده و مورد قبول بودن نتایج تحلیل، شافت مورد نظر پس از طراحی، مورد ساخت و بهره‌برداری قرار گرفت [۳].

#### ۴- تنظیم ابزار<sup>۴</sup>

پس از این که کلیه قسمت‌های ابزار ساخته شد بر روی دستگاه تراش نصب گردید، بدین‌منظور سوپرت فوقانی دستگاه تراش باز شده و ابزار خود چرخان تراشکاری به‌جای آن نصب شد. در شکل (۸) تصویر دستگاه پس از ساخت و مونتاژ نشان داده شده است.



شکل (۸): دستگاه ابزار خود چرخان پس از ساخت و مونتاژ

#### ۵- انجام آزمایشات ماشینکاری

برای انجام ماشینکاری به وسیله ابزار چرخان، از ماشین تراش ساخت ماشین‌سازی تبریز و همچنین از یک ابزار اینسرتی گرد از جنس فولاد ابزارتندبر با پوشش تیتانیم- نیتريد استفاده شد. اندازه‌گیری صافی سطح توسط زبری‌سنج مدل TR200 ساخت شرکت Time انجام گردید.

#### ۵-۱- طراحی انجام آزمایشات

برای انجام طراحی آزمایش از روش تاگوچی استفاده گردید. این روش بیشترین کاربرد را در چیدمان آزمایش دارد، به نحوی که بیشترین و مهمترین اثرات تقابل را با کمترین اجرای آزمایش در

حالت بهینه را نشان می‌دهد. در بین نتایج به دست آمده، آزمایش شماره ۱۹ دارای بیشترین مقدار می‌باشد و نشان دهنده حالت بهینه بین آزمایشات انجام گرفته می‌باشد.

که در آن  $Y_i$  مقدار خروجی به ازای  $i$  امین اجرای آزمایش و  $n$  تعداد تکرار آزمایش است. نسبت S/N برای هر اجرای آزمایش که مربوط به یک سری تنظیمات فاکتورها است، انجام گرفت. در جدول (۲) مقدار S/N هر اجرای آزمایش برای صافی سطح آمده است. از بین مقادیر S/N به دست آمده، مقداری که از همه بیشتر است،

جدول (۱): فاکتورها و مقادیر مربوطه

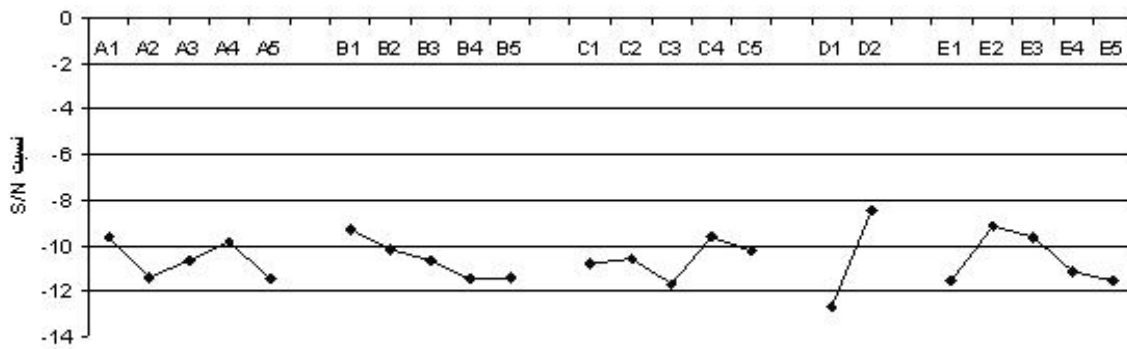
مقدار ۵	مقدار ۴	مقدار ۳	مقدار ۲	مقدار ۱	نشانه	واحد	
۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۲	A	MM/U	سرعت پیشروی
۱۰۰۰	۷۵۰	۵۰۰	۳۵۵	۲۵۰	B	U/MIN	دوران محور اسپندل
۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱۵	C	MM	عمق بار
۶۳	۵۶	۴۷	۳۸	۲۷	D	U/MIN	سرعت ابزار
-	-	-	CW	CCW	E	-	جهت چرخش ابزار

جدول (۲): طراحی آزمایش با استفاده از روش تاگوچی و نتایج حاصله

Run	A	B	C	D	E	Ra <sub>1</sub>	Ra <sub>2</sub>	Ra <sub>3</sub>	S/N	Run	A	B	C	D	E	Ra <sub>1</sub>	Ra <sub>2</sub>	Ra <sub>3</sub>	S/N
۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱/۵۵	۲/۲۰	۱/۲۳	-۴/۶۸	۲۶	۲	۵	۲	۳	۱	۲/۹۵	۴/۸۶	۳/۳۶	-۱۱/۶
۲	۲	۲	۲	۲	۰	۲/۲۶	۲/۸۱۴	۲/۵۸۸	-۸/۱۷۸	۲۷	۳	۱	۳	۴	۱	۳/۲	۲/۱۵۴	۳/۶۹۴	-۹/۷۸
۳	۳	۳	۳	۳	۰	۲/۸۴۵	۲/۴۸۹	۲/۴۷۳	-۸/۳۲۶	۲۸	۴	۲	۴	۵	۱	۳/۹۲۲	۵/۴۷۶	۳/۰۶۶	-۱۲/۶
۴	۴	۴	۴	۴	۰	۳/۷۵۱	۳/۱۹۹	۲/۶۸۴	-۱۰/۳۱	۲۹	۵	۳	۵	۱	۱	۵/۷۵۴	۴/۷۳۷	۵/۴۲۵	-۱۴/۵
۵	۵	۵	۵	۵	۰	۳/۱۲۶	۳/۱۹۴	۲/۷۲۲	-۹/۶۲۲	۳۰	۱	۴	۱	۲	۱	۹/۵۸۵	۷/۳۹۳	۹/۰۳	-۱۸/۸
۶	۲	۳	۴	۵	۰	۳/۷۴۲	۲/۵۱۴	۳/۴۷۴	-۱۰/۳۳	۳۱	۴	۵	۵	۴	۱	۴/۰۵۹	۱/۹۷	۵/۱۰۱	-۱۱/۸
۷	۳	۴	۵	۱	۰	۲/۸۷	۱/۳۵۲	۲/۳۹۸	-۷/۱۴۷	۳۲	۵	۱	۱	۵	۱	۴/۰۸۸	۴/۳۰۷	۳/۹۵۴	-۱۲/۲
۸	۴	۵	۱	۲	۰	۳/۰۹	۳/۳۸	۲/۹۸۷	-۹/۹۸۴	۳۳	۱	۲	۲	۱	۱	۲/۱۲۲	۳/۹۶۹	۳/۹۶۴	-۷/۱۰
۹	۵	۱	۲	۳	۰	۳/۶۷۳	۶/۱۲۵	۳/۰۳۱	۱۳/۰۲۴	۳۴	۲	۳	۳	۲	۱	۳/۵۰۲	۲/۳۵۳	۳/۲۴۲	-۹/۷۴
۱۰	۱	۲	۳	۴	۰	۱/۲۹۴	۱/۶۴۵	۱/۶۶۱	-۳/۷۵۶	۳۵	۳	۴	۴	۳	۱	۴/۴۵	۴/۶۷۹	۵/۴۶۲	-۱۳/۸
۱۱	۱	۳	۵	۲	۰	۱/۹۳۱	۱/۲۷۶	۲/۴۹۶	-۵/۸۶۸	۳۶	۵	۴	۲	۴	۱	۳/۸۹۸	۳/۰۰۶	۳/۸۰۱	-۱۱/۱
۱۲	۲	۴	۱	۳	۰	۱/۹۰۴	۱/۲۵۴	۱/۹۷۴	-۴/۸۱۶	۳۷	۱	۵	۳	۵	۱	۳/۴۶۱	۵/۷۱۶	۴/۷۹	-۱۳/۵
۱۳	۳	۵	۲	۴	۰	۲/۳۳۵	۲/۵۴۵	۲/۶	-۷/۹۴۴	۳۸	۲	۱	۴	۱	۱	۵/۴۱۴	۴/۵۹	۳/۵۴۲	-۱۳/۲
۱۴	۴	۱	۳	۵	۰	۲/۴۴۵	۲/۸۷۳	۱/۲۰۸	-۷/۱۵۸	۳۹	۳	۲	۵	۲	۱	۹/۳۶۶	۵/۸۹۴	۵/۳۰۷	-۱۷/۰
۱۵	۵	۲	۴	۱	۰	۳/۳۹۸	۲/۲۱۴	۲/۸۸۱	-۹/۱۶۴	۴۰	۴	۳	۱	۳	۱	۷/۴۵۵	۷/۱۵۶	۷/۲۴۶	-۱۷/۲
۱۶	۳	۱	۴	۲	۰	۱/۵۵۳	۲/۲۶۱	۱/۸۵	-۵/۶۲۱	۴۱	۵	۲	۳	۳	۱	۳/۶۲	۴/۱۰۷	۴/۰۸۶	-۱۱/۹
۱۷	۴	۲	۵	۳	۰	۴/۹۵۴	۴/۹	۶/۴۱۳	-۱۶/۳۰۶	۴۲	۱	۳	۴	۴	۱	۵/۸۰۷	۳/۸۹۹	۳/۱۷	-۱۲/۹
۱۸	۵	۳	۱	۴	۰	۲/۸۷۷	۱/۹۳۸	۳/۰۰۱	-۸/۴۵۹	۴۳	۲	۴	۵	۵	۱	۳/۳۲۲	۵/۷۸۴	۳/۸۴۴	-۱۲/۹
۱۹	۱	۴	۲	۵	۰	۳/۹۵۷	۰/۹۸۱	۰/۸۲۶	۰/۶۸۷۹	۴۴	۳	۵	۱	۱	۱	۶/۳۳۶	۴/۶۳۲	۵/۵۱	-۱۵/۱
۲۰	۲	۵	۳	۱	۰	۳/۹۷۷	۴/۲۰۱	۳/۴۸	-۱۱/۸۱۶	۴۵	۴	۱	۲	۲	۱	۳/۱۵۲	۳/۱۷۴	۳/۴۷	-۱۰/۳
۲۱	۳	۲	۱	۵	۰	۴/۶۴۹	۳/۵۳۳	۳/۵۴۳	-۱۱/۹۱۷	۴۶	۴	۴	۳	۳	۱	۳/۵۹	۲/۶۳	۲/۵۳۷	-۹/۴۳
۲۲	۴	۳	۲	۱	۰	۲/۹۱۸	۳/۰۶	۲/۹۰۸	-۹/۴۳۴	۴۷	۵	۵	۴	۴	۱	۴/۷۷۴	۴/۳۰۳	۴/۲۱	-۱۲/۹
۲۳	۵	۴	۳	۲	۰	۳/۹۵۷	۳/۰۴۸	۳/۱۸۲	-۱۰/۶۷۹	۴۸	۱	۱	۵	۵	۱	۵/۰۶	۳/۱۸۷	۴/۵۸۸	-۱۲/۷
۲۴	۱	۵	۴	۳	۰	۲/۷۳۸	۲/۹۷۴	۳/۷۰۲	-۱۰/۰۰۷	۴۹	۲	۲	۱	۱	۱	۳/۶۰۸	۳/۵۶۹	۴/۷۰۱	-۱۲/۰
۲۵	۲	۱	۵	۴	۰	۱/۹۱	۲/۲۸۹	۲/۵۴	-۷/۰۸۶۸	۵۰	۳	۳	۲	۲	۱	۲/۵۵۲	۲/۶۳۲	۳/۶۳	-۹/۴۸

جدول (۳): طراحی آزمایش با استفاده از روش تاگوچی و نتایج حاصله

	۱	۲	۳	۴	۵	MAX
سرعت برشی (B)	-۹/۵۹۵۲	-۱۱/۳۶۸	-۱۰/۶۳۵	-۹/۸۲۸۸	-۱۱/۴۴۷	-۹/۵۹۵۲
سرعت پیشروی (A)	-۹/۲۴۶۶	-۱۰/۱۸۱	-۱۰/۶۱۵	-۱۱/۴۵۸	-۱۱/۳۷۲	-۹/۲۴۶۶
دوران ابزار (D)	-۱۰/۷۹۰	-۱۰/۵۶۶	-۱۱/۶۵۲	-۹/۶۱۲	-۱۰/۲۵۳	-۹/۶۱۲
جهت دوران (E)	-۸/۴۳۵۶	-۱۲/۷۱۴	-	-	-	-۸/۴۳۵۶
عمق براده (C)	-۱۱/۵۳۴	-۹/۱۱۸	-۹/۶۱۷	-۱۱/۰۸۶	-۱۱/۵۱۸	-۹/۱۱۸



مقدار فاکتورهای پارامترهای متسین کاری

شکل (۹): نمودار جوابها

کاهش صافی سطح در فاصله مقدار فاکتور اول تا چهارم بیشتر است و در دو مقدار فاکتور آخر چهارم کاهش صافی سطح کمتر است. سومین نمودار مربوط به اثر عمق براده بر روی صافی سطح می‌باشد که بهترین صافی سطح مربوط به دومین مقدار فاکتور می‌باشد که مقدار آن  $0/2$  میلیمتر است و با افزایش مقدار پارامترهای بعد از آن مقدار صافی سطح کاهش می‌یابد. چهارمین نمودار نشان دهنده اثر مقدار فاکتورهای دوران ابزار می‌باشد. در این نمودار بهترین صافی سطح مربوط به زمانی است که سرعت ابزار  $56$  دور بر دقیقه است و بدترین مقدار صافی سطح زمانی حاصل شده است که دوران ابزار  $47$  دور بر دقیقه بوده است. فاکتور پنجم مربوط به جهت چرخش ابزار بوده و با توجه به شیب زیاد نمودار یکی از تاثیر گذارترین پارامترهای تراشکاری ابزار خود چرخان می‌باشد و زمانی که جهت چرخش ابزار خلاف حرکت عقربه‌های ساعت بوده است صافی سطح به مراتب بهتر از حالتی بوده است که جهت چرخش ساعت گرد بوده است. مقایسه بین ابزار چرخان و ابزار دوار ثابت بر روی عمر ابزار انجام گردید که نتایج آن در نمودار آورده شده است همان گونه که مشاهده می‌گردد با پیشروی  $0/25$  میلیمتر بر دور و عمق  $0/2$  میلیمتر عمر ابزار حدود سه برابر می‌باشد.

#### ۱-۶- به دست آوردن مقدار فاکتورهای بهینه با استفاده از

##### نسبت S/N

حالت بهینه‌ای که در بالا بیان شد فقط در حالت مقایسه بین نتایج آزمایش‌های انجام گرفته قابل قبول است. با توجه به این که موضوع این مقاله به دست آوردن حالت بهینه پارامترهای ماشین کاری است در جدول (۳) نسبت S/N اصلی برای تمام مقدار فاکتورها آمده است و به هر مقدار فاکتور یک نسبت S/N تعلق گرفته است. در شکل (۹) این اطلاعات رسم شده است.

#### ۲-۶- تحلیل نسبت S/N

در شکل (۹) اولین گراف مربوط به سرعت پیشروی می‌باشد. که در آن بین پنج نسبت به دست آمده اولین مقدار فاکتور که مقدار آن  $0/05$  میلیمتر به ازای هر دور می‌باشد دارای بهینه‌ترین حالت می‌باشد و مقدار فاکتور پنجم که مقدار آن  $0/32$  به ازای هر دور می‌باشد دارای بدترین موقعیت می‌باشد. دومین نمودار مربوط به سرعت برشی می‌باشد. این نمودار به طور کلی نشان می‌دهد که با افزایش سرعت دورانی قطعه کار صافی سطح کاهش می‌یابد و این

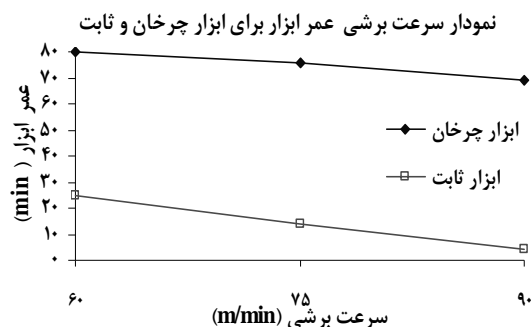
چرخان، نشان می‌دهد. در جدول (۴) ستون دوم نشان‌دهنده مقدار ماکزیمم S/N از بین مقدار فاکتورهای هر فاکتور می‌باشد. ستون سوم فاکتورهای بهینه به دست آمده را نشان می‌دهد. نسبت S/N پیشنهاد می‌دهد که صافی سطح وابسته به سرعت پیشروی و سرعت برشی می‌باشد.

#### ۸- تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد انجام گرفته است. در اینجا از پرسنل کارگاه توانایی ماشینکاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد که ما را در انجام این پژوهش یاری دادند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

#### ۹- مراجع

- [1] J. N. Ramakrishan, H. E. Nagarwall and P. Ramakrishan, "Wear of rotary carbide tools in machining of Al/SiC composites", WEAR journal, 1999.
- [2] Boothroyd, W. A. Knight, "Fundamental of machining tools", 2<sup>nd</sup> edition, Marcel Decker, 1989.
- [3] L. W. Liu, "High-speed machining alloys using the driven rotary tool", International journal of Machine tools & manufacture, 2002
- [4] Taguchi, "Introduction to quality engineering", Asian productivity organization, Tokyo, 1990.
- [5] Peace, "Taguchi methods", Addison-Weselypublishing Company, 1993.
- [6] Palanikumar, "Cutting parameters optimization for surface roughness in machining of GFRP composites using Taguchi method", Journal of reinforced plastics and composites, 2006.



شکل (۱۰): مقایسه بین ابزار چرخان و ابزار دوار ثابت

جدول (۴): حالت بهینه پارامترهای تراشکاری

مقدار فاکتور بهینه	S/N MAX	
۲۵۰	-۹/۵۹۵۲	سرعت برشی
۰/۰۵	-۹/۲۴۶۶	سرعت پیشروی
۵۶	-۹/۶۱۲	دوران ابزار
CCW	-۸/۴۳۵۶	جهت دوران
۰/۲	-۹/۱۱۸	عمق براده

#### ۷- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج جدول (۲) می‌توان بهترین مقدار فاکتور را برای هر فاکتور انتخاب نمود. با انتخاب پنج مقدار فاکتور برتر، حالت بهینه‌ایی ارائه می‌گردد که بهترین صافی سطح را در بر دارد. برای به دست آوردن حالت‌های بهینه برای هر فاکتور، با استفاده از جدول (۲) بزرگ‌ترین مقدار نسبت S/N از بین نسبت‌های S/N به دست آمده برای مقدار فاکتورها مشخص گردید. هر مقدار فاکتور انتخاب شده نشان‌دهنده حالت بهینه آن فاکتور تراشکاری می‌باشد. جدول (۴) حالت بهینه را برای تنظیم پارامترهای تراشکاری ابزار