Archive of SID

مجله مهندسی مکانیک مدرس، آبان ۱۳۹٤، دوره ۱۵، شماره ۱۳، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص ۲۷۰-۲۷٤

مجموعه مقالات کنفرانس ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳ و ۱٤ آبان ۱۳۹٤

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

بررسی تاثیر زمان فرآیند پرداخت‌کاری ارتعاشی با ترکیب مواد ساینده سرامیکی و مواد ساینده‌ی شیشه‌ای، بر زبری سطح فولاد ck45

پیام سرائیان[1*]، مصطفی غلامی[2]

۱- استادیار، دانشکده فنی مهندسی، گروه مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، نجف آباد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، مهندسی مکانیک ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، نجف آباد

* نجف آباد، صندوق پستی ۸۵۱۴۱۴۳۱۳۱، p_saraeian@iaunac.ir

چکیده

فرآیند پرداخت‌کاری ارتعاشی یکی از انواع پرداخت‌کاری انبوه می‌باشد. این فرآیند برای پرداخت کاری انواع قطعات فلزی و غیرفلزی با استفاده از انواع مختلفی مواد ساینده مانند ساچمه فولادی، اشکال مختلف مواد سرامیکی، مواد طبیعی و غیره استفاده می‌شود. این عملیات دارای کاربردهای مختلفی اعم از پرداخت‌کاری و صیقل دادن سطوح، پلیسه‌گیری، حذف لایه‌های اکسیدی و گرد کردن لبه ها تیز می‌باشد. در این تحقیق به بررسی تاثیر زمان فرآیند پرداخت کاری ارتعاشی با ترکیب هیبریدی مواد ساینده سرامیکی ومواد ساینده‌ی شیشه‌ای، بر زبری سطح فولاد ck45 پرداخته شد. این آزمایش به صورت عملی با دستگاه پولیش ویبره گرد، و در شرایط محیط خشک و با ترکیب، مخلوطی از اشکال مختلف مواد ساینده‌ی سرامیکی و مواد ساینده ی شیشه ای انجام گرفت و با اندازه‌گیری زبری سطح نمونه‌ها از مقادیر خروجی یک معادله رگرسیون استخراج شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در۱۲۰ دقیقه، زبری سطح تقریباً ۶۰ درصد بهبود یافت. در نهایت با استفاده از مدل ایجاد شده ، یک آزمون تست مدل انجام گرفت که مطابقت خوبی با مقدار تجربی داشته است .

کلید واژگان: پرداخت‌کاری ارتعاشی، مواد ساینده سرامیکی، مواد ساینده‌ی شیشه‌ای، زبری سطح، فولاد ck45

Investigating the effect of vibratory finishing process time on the surface roughness of Steel CK45 by incorporating the combined glass and ceramic particles as abrasive material

Payam Saraeian*, Mostafa Gholami

Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University of Najafabad branch, Najafabad, Iran
* P.O.B. 8514143131, Najafabad, Iran, saraeian@iaunac.ir

ABSTRACT

Vibratory finishing process is one of the mass finishing processes. It is being used for grinding the varieties of metallic and non-metallic parts such as steel balls, ceramic shapes, natural materials, etc. The process has varieties of applications such as finishing and polishing of surfaces, deburring, removing the oxide layer and filleting the sharp edges. This study investigates the effect of process time and the combined abrasive materials (glass and ceramic) on the surface roughness of steel CK45 that is being finished by this process. The experiments were performed using the vibratory finishing machines and the combined ceramic and glass compound as abrasive material in dry environment. The surface roughness of the workpieces was measured and a regression model was applied to the results. According to the results in 120 minutes, surface roughness was improved 60%, approximately. Finally, a test model was developed and its results showed a good agreement with the experimental results.

Keywords: Abrasive Materials, Ceramic, Glass Materials, Steel CK45, Surface Roughness, Vibratory Finishing.

۱- مقدمه

تقریباً همه قطعات یا اجزاء تولید شده قبل از مونتاژ نهایی، اتمام کار یا پوشش به نوعی نیاز به پالایش و پاک‌سازی سطح دارند تا این قطعات برای مصرف کننده یا کاربر نهایی قابل قبول گردد. بیشتر شرکت‌های سازنده به علت مزایای اقتصادی از پرداخت‌کاری انبوه[1] استفاده می‌کنند [۱]. پرداخت-کاری انبوه یک اصطلاح به کار برده شده برای شرح گروهی از فرآیندهای صنعتی ساینده می‌باشد که به وسیله‌ی آن تکه‌های بزرگی از اجزاء یا بخش های تشکیل شده از فلز یا مواد دیگر می‌تواند به‌طور با صرفه ای برای رسیدن به یک یا چند نوع از کیفیت سطح به صورت انبوه عملیات کاری شوند [۲]. پرداخت‌کاری انبوه به دو دسته پرداخت‌کاری بشکه‌ای[2] و پرداخت‌کاری ارتعاشی[3] تقسیم می‌شود [۳].

هم‌اکنون پرداخت‌کاری ارتعاشی رایج ترین نوع پرداخت‌کاری جرمی می-باشد و در کنار پرداخت‌کاری دستی متداول ترین روش سطحی به کار برده شده توسط صنعت می‌باشد. این فرآیند چندکاره برای تمیز کردن، پلیسه زدایی، پرداخت‌کاری سطحی، تسکین فشار و عملیات در لبه و گوشه قطعات

1. mass finishing

2. Tumble finishing
3. vibratory finishing

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

P. Saraeian, M. Gholami, Investigating the effect of vibratory finishing process time on the surface roughness of Steel CK45 by incorporating the combined glass and ceramic particles as abrasive material, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference*, Vol. 15, No. 13, pp. 270-274, 2015 (in Persian فارسی)

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده می شود. قطعات در تنوع بالایی از نظر اندازه و قطعه پرداخت می-شوند [۴].

وانگ و همکارانش [۱] (۲۰۰۰) نیروهای تماس نرمال در یک دستگاه پرداخت‌کاری ارتعاشی با تغییرات موجود در زبری و سختی دو آلیاژ آلومینیوم (AA1100-O and AA6061-T6) اندازه‌گیری و مقایسه کردند متغیرهای اصلی عبارت بودند از اندازه ابزار، میزان روغن‌کاری و مدت زمان پرداخت‌کاری ارتعاشی. در این تحقیق مشخص شد که تغییرات در سختی و زبری عمدتاً به شرایط نرم‌کاری، زبری ابزار و اندازه آن‌ها بستگی دارد چرا که این فاکتورها روی واکنش بین ابزار و قطعه‌کار اثر می گذارد و از این رو میزان تغییرشکل سطحی پلاستیکی در هر تأثیر گذاری در این میان دخیل است [۵].

اولمان[2] با همکارانش (۲۰۱۴) بر روی دوره گذرای پرداخت کاری ارتعاشی توجه کردند و روش جدیدی جهت پیش‌بینی تغییر زبری بعد از یک زمان عملیاتی مفروض ارائه کردند. برخلاف روش‌های گذشته که در آن به، هدر رفتن قطر یا جرم قطعه‌کار توجه می شد، این مدل براساس تغییرات هندسی میزان زبری در طول، دوره گذرای پرداخت‌کاری ارتعاشی بنیاد شده است. این مدل می‌تواند برای تخمین زمان‌های فرآیند لازم جهت کسب زبری مطلوب یک قطعه‌کار استفاده شود [۶]

آرنه۳ و همکاران (۲۰۱۴) پرداخت کاری ارتعاشی را بررسی نموده و روشی در جهت یک مدل عملیاتی که روش اجزاء گسسته (DEM) را با نتایج تجربی با هم ادغام می‌کند ارائه کردند. تأثیر چندین ذره ساینده و پارامترهای فرآیند در شکل‌گیری توپوگرافی سطح با استفاده از میله‌های فولادی با توپوگرافی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های اصلی عبارتند از مکانیسم‌های مختلف حذف مواد بسته به زبری اولیه سطح و یک شرح اولیه از تأثیر شکل ذره روی تشکیل توپوگرافی سطح. به‌منظور توسعه یک مدل فرایند جامع برای پرداخت‌کاری ارتعاشی، DEM استفاده می‌شود تاحرکت بخش عمده‌ای از ذرات ساینده و تماس آن ها با قطعه‌کار را مدل‌بندی کند [۷].

سونگ[4] و همکارانش (۲۰۱۴) طی یک تحقیق تجربی بر روی عوامل اثر گذار بر زدایش فلز و زبری سطح ایجاد شده در خلال پرداخت‌کاری ارتعاشی شامل تأثیر محلول‌های شیمیایی کار کردند. اثر پارامترهای فرآیند همچون اندازه ابزار و فرکانس تأثیر با اندازه‌گیری نیروهای تماسی بررسی شد و یک روش برای بررسی اثر محلول شیمیایی و بهینه‌سازی زمان عملیات برای رسیدن به زبری سطح ایجاد شده به صورت مطلوب، ارائه دادند [۸].

چندین عامل مثل سرمایه‌گذاری با سرمایه‌ی کم، توانایی پرداخت سطوح کاری چندگانه و نیاز به مهارت اپراتوری کم باعث می‌شود این فرآیند جذاب شود. به هر حال زمان عملیات پرداخت‌کاری ارتعاشی به‌طور چشم‌گیری طولانی‌تر است و در مقایسه با زمان لازم (دقیقه) در عملیات‌های پرداخت کاری‌های دیگر مثل سنگ‌زنی زمانش به ساعت اندازه‌گیری می‌شود [۴] بنابراین کاهش زمان فرآیند و بهبود راندمان فرآیند در حد بالاتری منافع هزینه‌ای این فرآیند را بهبود خواهد بخشید. در این تحقیق تأثیر پارامتر های فرآیند پرداخت‌کاری ارتعاشی از جمله زمان فرآیند، نوع مواد ساینده و ترکیب کردن دو ماده ی ساینده سرامیک و شیشه، بر زبری سطح در قطعات فولادی ck45 را بررسی می‌کنیم که باعث کاهش زمان می‌باشد.

۲ روش انجام آزمایش

جهت انجام آزمایش، پس از تهیه و برش‌کاری قطعات، می‌بایست مراحل زیر را انجام داد:

- سوراخ‌کاری و تمیز کردن قطعات

برای سبک شدن قطعات و کاهش زمان ابتدا قطعات را با دستگاه تراش تبریزی TN50 سوراخ‌کاری می شود. برای اطمینان از صحت آزمایش و به دلیل این‌که باید وزن قطعات یکسان باشند آن‌ها را کف‌تراشی کرده تا طول‌ها یکسان و وزن قطعات تقریباً یکی شوند همچنین این آزمایش در محیط خشک انجام می شود و به همین دلیل باید قطعات عاری از هرگونه روغن و چربی بوده و سطح آن‌ها خشک باشند، برای این کار قطعات را در بنزین تمیز نموده، سپس توسط هوای پرفشار، خشک می‌شود.

آزمایش‌ها به صورت فول فاکتوریل و در بازه‌ی زمانی ۱۰ تا ۱۲۰ دقیقه انجام می‌شود.

- مرحله اول اندازه گیری صافی سطح

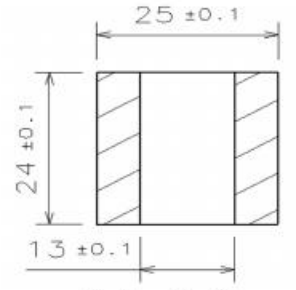
صافی سطح قطعه‌ی شماره صفر که قبلاً مشخص شده، را در چهار قسمت از سطح اندازه‌گیری کرده که میانگین این صافی سطح برابر با ۱/۸۴۹ می-باشد.

- انجام آزمایشات پرداخت‌کاری ارتعاشی با مواد ساینده‌ی سرامیکی

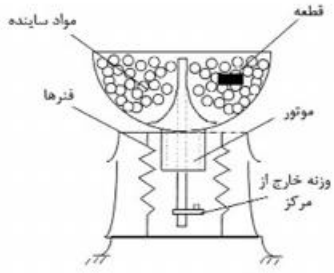
دستگاه استفاده شده در این تحقیق دارای مشخصات حجمی ۱۲ لیتر و دور موتور RPM ۳۰۰۰ بوده و همچنین شکل ۲ شماتیکی از دستگاه پرداخت-کاری ارتعاشی می باشد.

تعداد ۱۲ قطعه‌ی آماده شده را برای زمان ۱۲۰ دقیقه داخل دستگاه پرداخت‌کاری ارتعاشی، که با اشکال مختلف مواد ساینده‌ی سرامیکی پر شده ریخته (چگالی مواد ساینده‌ی سرامیکی بین ۱۳۶۲ تا ۲۰۰۲ کیلوگرم بر متر مربع ساخته می‌شوند [۴] و دارای اشکال و اندازه‌های مختلف می‌باشند).

اشکال مواد ساینده سرامیکی استفاده شده در شکل ۳ مشخص می‌باشد. بعد از هر ۱۰ دقیقه یکی از قطعات را خارج کرده و شماره‌گذاری می‌کرده.



شکل ۱ نقشه قطعه کار



شکل ۲ شماتیکی از دستگاه پرداخت کاری ارتعاشی [۵]

1. Wang
2. E. Uhlmann
3. Arne Dethlefs
4. Xiaozhong Song

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳ مواد ساینده سرامیکی استفاده شده

شکل ۴ مواد ساینده شیشه‌ای [۱۰]

- مرحله دوم اندازه‌گیری صافی سطح

پس از انجام آزمایش‌ها، به اندازه‌گیری مجدد صافی سطح پرداخته. به این گونه که هر قطعه‌ی شماره‌گذاری شده را در چهار قسمت از سطح آن اندازه-گیری می‌شوند، تا اندازه‌گیری صافی سطح دقیق‌تر انجام شده باشد. سپس خروجی هر قطعه که چهار عدد می‌باشد، نوشته می‌شوند.

- انجام آزمایشات پرداخت‌کاری ارتعاشی با مواد ساینده‌ی شیشه‌ای

تمامی مراحل قبلی را روی ۱۲ قطعه‌ی بعدی برای آزمایش با مواد ساینده-ی شیشه‌ای انجام داده شد. (قطعات را داخل دستگاه پرداخت‌کاری ارتعاشی که از مواد ساینده‌ی دانه‌های شیشه‌ای پر شده ریخته و به نوبت، بعد از هر ۱۰ یک قطعه را دقیقه خارج کرده و شماره‌گذاری شده، سپس قطعات را در چهار نقطه، زبری سطح شان را اندازه‌گیری کرده و یاداشت شده اند).

مواد ساینده دانه‌های شیشه‌ای عموماً به اشکال کروی و بی‌شکل می‌باشند، که از سیلیس ساخته شده‌اند [۹]. در این تحقیق از مخلوط اشکال کروی و بی‌شکل استفاده شده است این نوع مواد ساینده در اندازه‌های مختلف می-باشد، در این تحقیق از اندازه ۸۵۰ ۱۱۰۰ میکرومتر استفاده شده که سایز

جدول ۱ میانگین مقادیر خروجی دستگاه زبری‌سنج (مواد ساینده سرامیکی، شیشه ای و ترکیبی)

شماره قطعه	زمان	طول اندازه‌گیری شده = ۵/۶ زبری سطح		
		میانگین مواد شیشه ای	میانگین مواد سرامیکی	میانگین مواد ترکیبی
۱	۰	۱/۸۴۹	۱/۸۴۹	۱/۸۴۹
۲	۱۰	۱/۶۹۳	۱/۷۹۱	۱/۶۴۱
۳	۲۰	۱/۵۹۲	۱/۷۱۴	۱/۴۹۲
۴	۳۰	۱/۴۸	۱/۵۶۶	۱/۳۹۷
۵	۴۰	۱/۴۵۳	۱/۴۸۱	۱/۳۰۳
۶	۵۰	۱/۴۱	۱/۴۱۷	۱/۲۴۲
۷	۶۰	۱/۳۸۶	۱/۳۶۹	۱/۱۱۳
۸	۷۰	۱/۳۶۱	۱/۲۵۱	۱/۰۲۴
۹	۸۰	۱/۳۲۸	۱/۲۴۶	۰/۹۷۸
۱۰	۹۰	۱/۲۳۳	۱/۱۱۷	۰/۹۳۸
۱۱	۱۰۰	۱/۱۶۷	۱/۰۹	۰/۹۳۱
۱۲	۱۱۰	۱/۰۴۹	۱/۰۴۶	۰/۸۸۹
۱۳	۱۲۰	۱/۰۱۱	۰/۹۸۱	۰/۸۵۳

بندی توسط شرکت سازنده مواد سانده ی شیشه‌ای مشخص می شود، همچنین این شرکت چگالی مواد ساینده دانه های شیشه ای را ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و سختی این مواد را ۵/۵ موس اعلام کرد. شکل ۴ نمایی از این نوع مواد ساینده را نشان می‌دهد.

- انجام آزمایشات پرداخت‌کاری ارتعاشی با ترکیب مواد ساینده سرامیکی و مواد ساینده شیشه‌ای

تمام مراحلی که قبلاً در سه آزمایش گذشته، صورت گرفته را انجام داده (قطعات را در دستگاه پرداخت‌کاری ارتعاشی که داخل آن از ترکیب ۲ به ۱ مواد ساینده سرامیکی و دانه‌های شیشه‌ای پرشده ریخته، و قطعات را به نوبت، بعد از هر ۱۰ دقیقه خارج کرده و شماره‌گذاری شده سپس قطعات را در چهار نقطه، زبری سطح شان را اندازه‌گیری کرده و یاداشت شده‌اند).

- مقایسه‌ی نتایج مراحل اندازه‌گیری صافی سطح و رسم نمودارها و نتیجه-گیری

در این مرحله داده‌ها را به‌عنوان ورودی به نرم‌افزار اکسل و مینی‌تب وارد کرده و پس از استخراج خروجی، نمودار و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند.

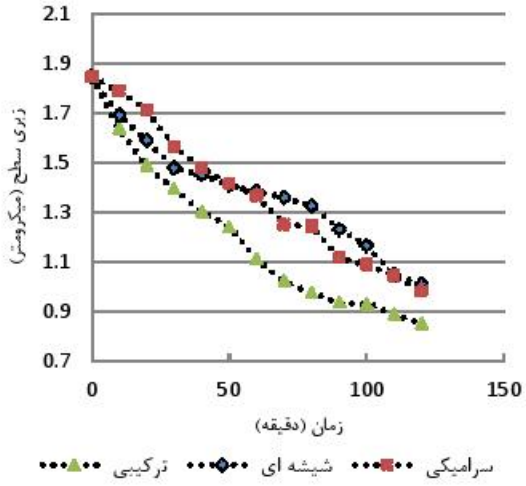
۳ نتایج و بحث

پس از انجام فرآیند پرداخت‌کاری و بدست آوردن زبری سطح از چهار سطح قطعه، خروجی‌ها از دستگاه زبری سطح را به‌صورت یک جدول (جدول ۱ میانگین نتایج خروجی از دستگاه زبری سنج بوده) در نرم‌افزار اکسل قرار داده و میانگین زبری سطح هر قطعه را بدست آورده تا نمودار موردنظر را نرم‌افزار رسم نماید شکل ۵ نمودار های به دست آمده از نرم‌افزار اکسل می‌باشد.

سایش، تابعی است از سرعت و فشار، که در این تحقیق سرعت کل آزمایش‌ها برابر است و فقط فشار است که تغییرات صافی سطح را توسط مواد مختلف ایجاد می‌کند و همان‌طور که معلوم است یکی از مواردی که بر فشار تأثیر مستقیم دارد، چگالی مواد ساینده می‌باشد. در دو آزمایشی که از مواد ساینده سرامیکی و دانه های شیشه‌ای جداگانه استفاده شد، همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است نقاط بدست آمده از هر دو آزمایش، حدوداً نزدیک به هم و بعضاً روی هم هستند که دلیل این گونه تغییرات این است که، مواد سرامیکی دارای چگالی بیشتری نسبت به دانه‌های شیشه‌ای بوده، ولی سختی دانه‌های شیشه‌ای نسبت به مواد ساینده‌ی سرامیکی بیشتر است که هر کدام از این برتری نسبت به دیگری باعث شد که تغییرات صافی سطح حدوداً یکسان باشد. در آزمایش پرداخت‌کاری ارتعاشی با ترکیب دوگانه‌ی چگالی بالا یکی از

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ اثر تغییرات زبری سطح در زمان

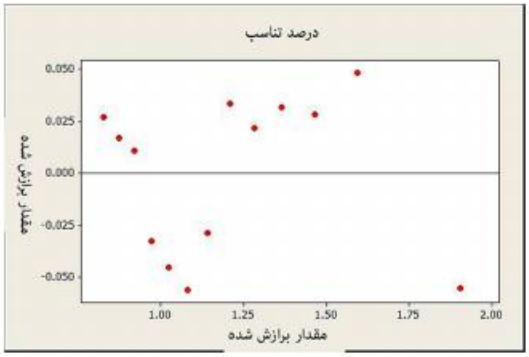
دلایل تغییرات زیادتر صافی سطح نسبت به دو آزمایشی که جداگانه از مواد ساینده‌ی سرامیکی و مواد ساینده دانه‌های شیشه‌ای استفاده شده، می‌باشد. همچنین در سطح قطعات پستی و بلندی‌های ریزی وجود دارد که مواد سرامیکی قادر به نفوذ داخل آن‌ها نبوده و چگالی کم مواد ساینده‌ی دانه های شیشه‌ای هم برای صاف کردن پستی و بلندی‌ها نیاز به زمان زیاد داشته، حال ترکیب این دو مواد ساینده، باعث می‌شود که، مواد سرامیکی به دلیل چگالی بیشترش نسبت به دانه‌های شیشه‌ای، مواد ساینده‌ی شیشه‌ای را به داخل پستی و بلندی‌های سطح رانده و با ایجاد فشار بیشتر پشت دانه های شیشه ای باعث کوتاه شدن زمان صاف کردن پستی و بلندی های سطح شده و در کل زمان پرداخت‌کاری ارتعاشی کاهش یافته و سریع تر صافی سطح موردنظر حاصل می‌گردد. این تغییرات در شکل ۳ به وضوح مشخص می‌باشد. و همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، با ترکیب مواد ساینده نمی‌توان در مدت زمان معلوم به کیفیت سطح بهتری نسبت به مواد جداگانه دست یافت، با توجه به این نتیجه اگر کیفیت سطح مشخصی در نظر گرفته شود در مدت زمان کوتاه‌تری می‌توان به آن کیفیت سطح رسید.

٤ تحلیل متغیر خروجی

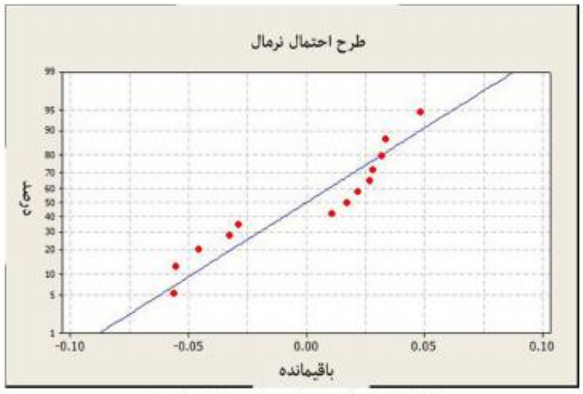
لازمه انجام هر نوع تحلیل واریانس آن است که بدانیم خطاهای آزمایش مستقل هستند و مقدار واریانس ثابت می‌باشد. تست مستقل بودن خطاها و ثابت بودن واریانس با استفاده ازمقادیر خطاها در برابر مقادیر برازش شده انجام می‌شود. در این نمودار (شکل ۶) مقادیر برازش شده همان مقادیر ارزیابی شده از خروجی یعنی مقادیر زبری سطح هستند.

در شکل ۶ همان‌طور که مشاهده می‌شود نقاط به‌طور تصادفی توزیع شده‌اند و از مدل بخصوصی پیروی نمی‌کنند و این دلیلی بر مستقل بودن خطاها می‌باشد.

نمودار توزیع احتمال به بررسی فرض نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایش می‌پردازد. این تحلیل لازمه شروع تحلیل واریانس می‌باشد. این نمودار در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶ مقادیر مانده‌ها در برابر مقادیر برازش شده برای خروجی



شکل ۷ نمودار توزیع احتمال نرمال برای رگرسیون

یکی ازمشخصه های آماری که دقت مدل رگرسیون را مورد بررسی قرار می دهد، ضریب تعیین R^2 یا R-Sq می باشد. هر چه مقدار R-Sq بزرگتر باشد تحلیل انجام شده دقیق تر و قابل اطمینان تر است. برای اثبات مطلوب بودن تحلیل انجام شده، باید مقدار R-Sq(adj) نیز به اندازه کافی بزرگ و نزدیک به R-Sq باشد [۱۱]. در جدول۲ دقت مدل رگرسیون مشخص شده است.

در نهایت می‌توان معادله رگرسیون مناسب برای تاثیر زمان فرآیند پرداخت کاری ارتعاشی با ترکیب مواد ساینده سرامیکی و شیشه‌ای بر زبری سطح فولاد CK45 را در فرمول (۱) نشان داد:

$$Ra = 1.90 - 0.0984\, t^{\frac{1}{2}} \qquad (۱)$$

٥ آزمون تست مدل

در این‌جا ابتدا یک قطعه را به مدت ۵۵ دقیقه داخل دستگاه قرار داده و زبری سطح آن را مثل آزمایش قبل در چهار نقطه گرفته شد، که نتایج در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۲ مدل نهایی برای رگرسیون داده‌ها

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	۱/۹۰۴۰۱	۰/۰۲۷۶	۶۹	۰
t	-۰/۰۰۷۳۶	۰/۰۰۳۵۶۳	-۲۷/۶۲	۰
		%۹۸/۶R-Sq =	%۹۸/۴R-Sq(adj) =	

جدول ۳ مدل نهایی برای رگرسیون داده ها

زمان	زبری سطح			میانگین
۵۵	۱/۱۷۸	۱/۳۵۱	۱/۱۲۳	۱/۰۳۴	۱/۱۷۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

حال عدد ۵۵ را به جای t در معادله رگرسیون (۲ و ۳) به دست آمده قرار می‌دهیم.

$$Ra = 1.90 - 0.0984(55^{\frac{1}{2}}) \quad (۲)$$

$$Ra = 1.17024 \quad (۳)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود اختلاف بین دو عددی که از معادله رگرسیون و تست عملی بدست آمده، حدوداً ۰/۰۰۱۲۶µm می باشد، که نشان دهنده‌ی میزان ۰/۱ درصد خطا است.

٦ نتیجه‌گیری

پرداخت‌کاری ارتعاشی یک عملیات نهایی چندکاره است که بر روی کلیه قطعات اعم از فلز و غیرفلز کاربرد دارد کاهش زمان فرآیند و بهبود راندمان فرآیند در حد بالاتری منافع هزینه‌ای این فرآیند را بهبود خواهد بخشید، که طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق، با ترکیب کردن دو ماده‌ی ساینده‌ی سرامیکی و شیشه‌ای زبری سطح درعملیات پرداخت‌کاری ارتعاشی با محیط خشک و در زمان ۱۲۰ دقیقه، حدوداً به نصف میزان اولیه کاهش می‌یابد. مدل بدست آمده از نتایج تجربی با استفاده از یک آزمون تست مدل، مورد آزمایش قرار گرفت. اختلاف محاسبه شده حدود ۰/۰۰۱۲۶µm (۰/۱ درصد خطا) که بیان گر مطابقت خوب آن با مدل رگرسیون بدست آمده است.

۷ فهرست علائم

Ra	زبری سطح (µm)
t	زمان (دقیقه)

۸ تقدیر و تشکر

تقدیر و تشکر از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای مهندس بحق، مدیریت محترم شرکت ارشان صنعت جم، که با تامین تجهیزات موردنیاز و زحمت مشاوره صنعتی این مقاله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید.

۹ مراجع

[1] D.A.Davidson, Mass finishing processes, *Metal Finishing*, 10, pp 72-83, 2007.
[2] S.E.Naeini, J.K.Spelt, Two-dimensional discrete element modeling of a spherical steel media in a vibrating bed, Powder Technology, Vol 195, 83–90, 2009.
[3] Mass finishing http://en.wikipedia.org/wiki/*Mass_finishing*
[4] LaRoux K. Gillespie, *Handbook of Mass Finishing*, pp 237, New York, 2007.
[5] S.Wang, R.S.Timsit, J.K.Spelta, Experimental investigation of vibratory finishing of aluminum, *Wear*, Vol 243, pp. 147–156, 2000.
[6] E.Uhlmann, A.Dethlefs, A.Eulitz, Investigation into a geometry-based model for surface roughness prediction in vibratory finishing processes, *Springer*, No. 75, pp. 815–823, 2014.
[7] Eckart Uhlmann, Arne Dethlefs, Alexander Eulitz, Investigation of material removal and surface topography formation in vibratory finishing, *Procedia CIRP*, No. 14, pp. 25 – 30, 2014.
[8] X.Song, R.Chaudhari, F.Hashimoto, Experimental investigation of vibratory finishing process, *Asme*, 4093, pp 1-7, 2014
[9] *Glass Beads*, http://www.kramerindustriesonline.com/GB.html
[10] *Photo Gallery*, http://www.glassbeadsco.com/, (In Persian)
[11] A.M.Behaq, *Electroforming*, MA Thesis, Isfahan University Of Technology, Isfahan, 2011, (In Persian)

www.SID.ir