



اندازه‌گیری میزان سایش ابزار به کمک پردازش تصویر

محمد رضا کریمی نژاد^۱، سعید امینی^{۲*}، محسن آقائی^۳، محمد حسین کریمی نژاد^۴

۱- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان

۲- دانشیار، گروه ساخت و تولید، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان، کاشان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ساخت و تولید، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان، کاشان

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه کاشان، کاشان

*کاشان، صندوق پستی ۸۷۳۱۷۵۱۱۸۷، amini.s@kashanu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش یک روش قابل اطمینان برای تخمین میزان سایش ابزار با استفاده از پردازش تصویر در نرم‌افزار متلب ارائه شده است. در این راستا کد برنامه‌ای که بتواند میزان سایش تیغه فرز انگشتی را به صورت عددی به نمایش گذاشته و در پایان نمودار تمام مراحل سایش را به نمایش بگذارد طراحی شده است. با آماده‌سازی فرآیند شامل عملیات فرزکاری، ابزار، قطعه کار، دستگاه اندازه‌گیری دقیق تصویری و دوربین شرایط لازم برای انجام آزمایش‌ها فراهم گردید. در ابتدا با تنظیمات اولیه دستگاه فرز شامل (سرعت دورانی اسپیندل، سرعت پیشروی میز، عمق براده برداری) فرآیند عملیات براده برداری روی فولاد AISI1070 با تیغه فرز روکش دار انجام گرفت و از تمام مراحل براده برداری تصویر تهیه شد. همچنین به منظور راست آزمایی عملکرد کد طراحی شده در نرم‌افزار متلب، بعد از هر مرحله براده برداری هم‌زمان با دستگاه اندازه‌گیری دقیق تصویری از لبه ابزار تصویر تهیه و میزان سایش آن ثبت گردید. به کمک پردازش تصویر امکان رصد عمر ابزار در فرآیند فرزکاری انجام شد. نتایج نشان می‌دهد داده‌های حاصل از پردازش تصویر می‌تواند شرایط عمر ابزار و روند اتمام عمر ابزار را مشخص کند.

کلید واژه‌ها: پردازش تصویر، عمر ابزار، سایش ابزار، فرزکاری فولاد AISI1070

Measurement of tool wear using image processing

Mohammad Reza karimi Nejad¹, Saeid Amini^{2*}, Mohsen Aghaei², Mohammad Hosein karimi Nejad³

1- Mechanical Engineering, Azad University of Kashan, Iran

2- Department of Manufacturing, Faculty of Mechanic, University of Kashan, Kashan, Iran

3- Faculty of Electric, University of Kashan, Kashan, Iran

* P.O.B. 8731751167, Kashan, Iran, amini.s@kashanu.ac.ir

ABSTRACT

In this research, a reliable method for estimating the amount of tool wear is presented using image processing in MATLAB software. Program code that can display wear of the blade milling numerically in the chart is designed to showcase all stages of wear. Preparation of experiments is done. The preparation process includes milling operations, tool, workpiece, vision measuring machine (VMM) and camera were provided for testing. First, the initial configuration for milling machine process (such as: spindle rotational speed, feed rate, depth removal) on the AISI1070 steel workpiece with covered plating tool was done and picture was taken from all stages of cutting condition. In addition for verifying the performance of the designed code in MATLAB, after each time the edge of tool observed by VMM and wear rate was recorded and data of experiments were stored. As a result, the possibility of determining tool life was carried out with the help of image processing in the milling process. The output data from image processing can specify the tool life and trend of tool life completion.

Keywords: AISI1070 Steel Milling, Image Processing, Tool Life, Tool Wear.

۱- مقدمه

تراش کاری، سنگ زنی، فرزکاری و عملیات حفاری به‌منظور بهینه‌سازی شرایط برش با کمترین هزینه و تولید ماکزیمم براساس تخمین نتایج خروجی نظیر نیروی ماشین‌کاری، میزان زبری سطح و سایش سطح و ابزار ماشین‌کاری انجام دادند. تی و همکاران [۳] در سال ۲۰۱۰ و دانا و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۳ یک بررسی جامع در مورد سنسورهای موجود برای نظارت و کنترل عملیات ماشین‌کاری پیشرفته انجام دادند.

یک دسته کلی در کنترل و نظارت شرایط ابزار نظارت مستقیم می‌باشد که در این روش اندازه‌گیری پهنای سایش به طور مستقیم با استفاده از میکروسکوپ نوری، نمایان کننده سطح سه بعدی، یا توسط دوربین (روش- های پردازشی) انجام می‌گیرد [۴]. استفاده از پردازش تصویر دیجیتال مزایایی دارد که آن را بیش از روش‌های دیگر برای نظارت بر هر گونه تولید

امروزه با گسترش روز افزون روش‌های مختلف اخذ اطلاعات گسسته مانند پوشگرها و دوربین‌های دیجیتالی، پردازش تصویر کاربرد فراوانی یافته است. یکی از حوزه‌های مورد توجه در پردازش تصویر درک تصویر توسط ماشین می‌باشد که به روش‌هایی می‌پردازد که به کمک آن‌ها می‌توان معنی و محتوای تصاویر را درک کرد تا از آن‌ها در کارهایی چون رباتیک، هواشناسی، نجوم، فضاوردی و در این پژوهش به منظور ارزیابی سایش ابزار استفاده شود. پردازش تصویر از هر دو جنبه نظری و عملی پیشرفت‌های چشم‌گیری داشته است و بسیاری از علوم به آن وابسته‌اند [۱].

چاندرسکاران و همکاران [۲] یک مطالعه مروری در مورد کاربرد تکنیک‌های نظارت و کنترل با استفاده از شبکه عصبی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک در

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

M.R. Karimi Nejad, S. Amini, M. Aghaei, M.H. Karimi Nejad, Measurement of tool wear using image processing, Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference, Vol. 15, No. 13, pp. 182-186, 2015 (in Persian)

۲- روش مورد استفاده جهت پردازش تصویر

یکی از مهم‌ترین مراحل پیش پردازش در تجزیه و تحلیل تصاویر، قطعه‌بندی است. یک راه برای رسیدن به قطعه‌بندی از طریق انتخاب آستانه است که در آن هر پیکسل که متعلق به یک کلاس تعیین شده باشد با توجه به آستانه منتخب برچسب‌گذاری می‌شود که گروه‌های پیکسل که ویژگی‌های بصری مشترکی در عکس دارند را نتیجه می‌دهد.

قطعه‌بندی تصویر یک تصویر را به ناحیه‌هایی متشکل از پیکسل‌های تصویر که ویژگی‌های داده‌های آن‌ها مفادیر نزدیک به هم دارند تقسیم می‌کند.

الگوریتم‌های قطعه‌بندی براساس دو معیار مهم است: همگن بودن پیکسل‌های یک ناحیه (آستانه‌گیری) و جداسازی مناطق مجزای مجاور (پیدا کردن لبه). از آن‌جا که تصویر قطعه‌بندی شده با استفاده از خصوصیت همگن بودن پیکسل‌ها به‌دست آمده است، مزایایی مانند استفاده از فضای ذخیره‌سازی کوچکتر، سرعت پردازش سریع و سهولت در ایجاد تغییرات، باعث شده‌اند که روش‌های آستانه‌گیری محبوب‌ترین روش قطعه‌بندی باشند [۱۴]. انواع روش‌های آستانه‌گیری متفاوتی برای قطعه‌بندی تصویر ارائه شده است، مانند روش‌های سنتی [۱۵، ۱۶] و روش‌های هوشمند [۱۷-۲۰].

۲-۱- قطعه‌بندی چان وسه

در الگوریتم چان وسه [۱۴] تابعی مانند $\varphi(i, j, z, t)$ به عنوان تابع تعیین سطح تعریف می‌شود: که در آن i و j مختصات نقاط تصویر و t یک زمان ساختگی است. این تابع در هر زمان داده شده، به طور همزمان کانتور لبه و قطعه‌بندی تصویر را تعیین می‌کند. مقدار صفر تابع کانتور لبه را به دست می‌دهد و از مفادیر مثبت و منفی آن برای تعریف ناحیه‌های قطعه‌بندی استفاده می‌شود.

۲-۲- تبدیل هاف

تبدیل هاف که در سال ۱۹۵۹ معرفی شد یک روش استخراج ویژگی است که در پردازش تصاویر دیجیتال و بینایی ماشین از آن استفاده می‌شود [۱۳]. هدف از این روش پیدا کردن قسمتی از یک شی در یک کلاس خاص از شکل‌ها با استفاده از روش رأی‌گیری است. این روش رأی‌گیری در یک فضای پارامتر، به‌صورت زیر انجام می‌شود. الگوریتم تبدیل خطی هاف برای تشخیص وجود یک خط با معادله $x = x \cos \theta + y \sin \theta$ ، از یک آرایه دو بعدی، به نام تجمیع‌گر استفاده می‌کند در مرحله بعد تجمیع‌گر برابر با تعداد پارامترهای ناشناخته است، به‌عنوان مثال، در زوج (r, θ) با توجه به مفادیر گسسته سازی شده r و θ بعد دو به آن اختصاص می‌یابد.

به ازای هر پیکسل در (x, y) و همسایگی آن، الگوریتم تبدیل هاف تعیین می‌کند آیا شواهد کافی برای وجود یک خط مستقیم شامل آن پیکسل‌ها موجود هست یا خیر. اگر چنین باشد، پارامترهای (r, θ) این خط را محاسبه و سپس ارزیابی می‌کند که پارامترها در کدام ناحیه از تجمیع‌گر قرار می‌گیرند و مقدار شمارنده آن ناحیه از تجمیع‌گر افزایش می‌یابد. با پیدا کردن شمارنده‌هایی که بیشترین مقدار را دارند و به‌طورکلی با یافتن بیشینه محلی در فضای تجمیع‌گر، خطوط به احتمال بالاتر می‌تواند استخراج شود [۲۱]. ساده‌ترین راه برای پیدا کردن این ماکزیمم‌ها استفاده از نوعی آستانه است، اما روش‌های دیگر ممکن است در شرایط مختلف مانند تعیین خطوط و تعداد آن‌ها به نتایج بهتری برسند. از آن‌جا که خطوط به‌دست آمده حاوی اطلاعات مربوط به طول خط نیست، در مرحله بعد، باید تعیین شود که چه بخش‌هایی از تصویر با آن خطوط مطابقت دارد.

مطرح می‌کند. از آن جمله می‌توان به این‌ها اشاره کرد، (۱) هیچ نیرو یا بار به سطح تحت بررسی اعمال نمی‌شود. (۲) فرایند بدون تماس می‌باشد. (۳) این فرایند می‌تواند بدون اپراتور انجام شود. (۴) این فرایند به فرکانس چتر وابسته نمی‌باشد [۵]. در تحقیقی که توسط وانگ و همکاران [۶] صورت گرفت سایش ابزار با روش پردازش تصویر در عملیات فرزکاری بر روی ابزار اینسرت خور اندازه‌گیری شد و میزان موفقیت آن با مقایسه مفادیر آن با مفادیر حاصل از تصویر میکروسکوپ، موفقیت روش پردازشی را نشان می‌دهد. ایشان همچنین در تحقیق دیگر پردازش تصویر را در حین حرکت اسپیندل با سرعت پایین بر روی ابزار اینسرت خور در عملیات فرزکاری با موفقیت انجام دادند.

در تحقیقی دیگر که توسط قادرو و اوئی [۷] بر روی یک ابزار دو جهتی پوشش‌دار کاربیدی در فرایند ماشین‌کاری به وسیله پردازش تصویر انجام شد سایش جانبی ابزار اندازه‌گیری شد. یاماگوچی و همکاران [۸] روشی برای نظارت بر عمر ابزار الماس براساس مشاهداتی از ویژگی‌های نیروی برش پیشنهاد دادند و عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفت. نقطه‌ای که در آن یک ابزار به پایان عمر خود می‌رسد براساس شدت علائم بر روی یک سطح ماشین تعریف شد، نیروی در آن نقطه به‌دست آمد و سپس تجزیه و تحلیل شد.

روش جدید دیگری توسط کاستگو و همکارانش [۹] برای تعیین سطح سایش توسعه داده شد. در این تحقیق ویژگی‌های هندسی از تصویر منطقه سایش با استفاده از یک سیستم بینایی کامپیوتر به دست آمد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سطح سایش در ابزار با استفاده از نه توصیف هندسی و تجزیه و تحلیل مشخص تخمین زده می‌شود. کیم و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۰۹ روشی جهت نظارت بر ابزار دریل‌کاری در مورد دو جنس AISI 1045 و AISI P20 با استفاده از نیروی محوری ارائه دادند که موجب بهبود عمر در میکرو دریلینگ می‌شد.

در پروژه‌ای که توسط قانی و همکاران [۱۱] در سال ۲۰۱۱ انجام شد تکنیکی جدید با هدف نظارت و پیش‌بینی سایش جانبی ابزار در فرایند سی‌ان‌سی تراش‌کاری، با استفاده از یک سنسور کم هزینه و رابط کاربری گرافیکی کاربر پسند توسعه داده شد و با استفاده از متلب به‌عنوان نرم‌افزار نمایش وضعیت، شرایط ابزار برش تحت نظارت قرار گرفت. این سیستم قادر به هشدار زود هنگام سایش جانبی در ابزار برش می‌باشد و به فرایند ماشین‌کاری به‌منظور تولید یک قطعه قابل قبول با کیفیت مناسب صافی سطح کمک می‌کند.

در این تحقیق به بررسی عمر ابزار فرز انگشتی در فرایند فرزکاری به کمک پردازش تصویر بر روی قطعه کار فولاد AISI1070 پرداخته شده است. آزمایش‌های اولیه در فرایند فرزکاری انجام و عکس‌های مختلفی در طول مراحل سایش ابزار گرفته شد. به کمک برنامه پردازش تصویر که در نرم‌افزار متلب نوشته شد عمل پردازش بر روی تصویر ابزار انجام گردید. در این تحقیق به منظور دستیابی به میزان سایش ابزار سه گام اصلی در روند تشخیص خودکار میزان سایش پیموده می‌شود. نخست با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی چان وسه [۱۴] مکان تیغه فرز در تصویر شناسایی می‌شود. سپس با استفاده از تبدیل هاف [۱۳] مکان لبه تیغه‌ها استخراج می‌شود و در گام پایانی با استفاده از خصوصیات بافت تصویر در تیغه فرز میزان سایش تعیین می‌شود. سپس با تبدیل مفادیر پیکسل‌ها به اندازه واقعی برحسب میلی‌متر، مقدار سایش ابزار حاصل می‌گردد. جهت تحقیق صحت نتایج حاصل از پردازش تصویر، نتایج با دستگاه اندازه‌گیری دقیق تصویری مقایسه گردید.



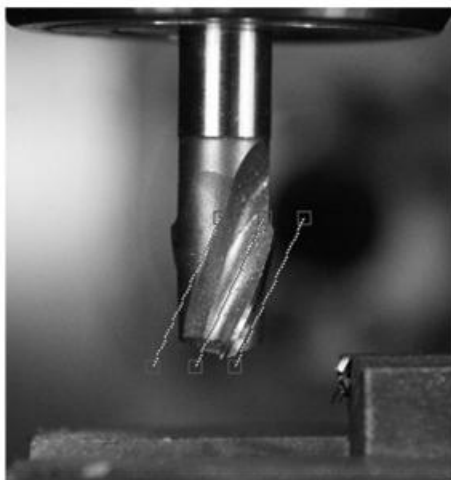
شکل ۳ تصویر قطعه‌بندی شده (الف) باینری (ب) خاکستری

در شکل ۳ الف، تصویر به صورت باینری و در شکل ۳ ب، تصویر خاکستری نشان داده شده است. سپس لیه‌های تصویر با فیلتر پرویت استخراج می‌شوند [۸]. لیه‌های تصویر در شکل ۴ نشان داده شده است. با استفاده از تبدیل خطی هاف مکان خطوط بین ۳۰ تا ۶۰ درجه تصویر استخراج شده و با توجه به محدوده به دست آمده برای تیغه فرز در گام‌های پیشین خطوط مرتبط، در محدوده فرز تعریف و خطوط رسم می‌شوند. در شکل ۵ حاصل این تبدیل نشان داده شده است.

در گام آخر در همسایگی محلی که لبه‌ی تیغه در تصویر پیدا شد پیکسلی که بیشترین شماره سطر و در آن سطر کمترین مقدار ستون را دارد به عنوان نوک تیغه فرز شناسایی می‌شود. با توجه به مکان این پیکسل در امتداد لبه محل سایش بررسی می‌شود. در این ناحیه از تصویر بافتی که بیشترین شباهت به نوک فرز را دارد استخراج شده و نقاط آن در یک ماتریس سه بعدی نگهداری می‌شود که بعد اول مقدار شدت رنگ پیکسل و



شکل ۴ لبه‌های تصویر



شکل ۵ پیدا کردن لبه تیغه در تیغه فرز

۳- آماده‌سازی فرآیند

به منظور آماده‌سازی فرآیند از دستگاه فرز با مدل zxx6350za استفاده شد. قطعه‌کار مورد استفاده از جنس فولاد آلیاژی سردکار (AISI1070) به ابعاد ۱۰۵ میلی‌متر طول و ۷۰ میلی‌متر عرض و ۳۰ میلی‌متر ضخامت می‌باشد. در شکل ۱ محل قرارگیری دوربین و موقعیت قرارگیری پروژکتورها در طرفین محدوده عملیات براده‌برداری ملاحظه می‌شود برای عکس‌برداری از یک دوربین با لنز ۲۴ ۱۰۵ میلی‌متر و بزرگنمایی اپتیکی ۴/۳۷ برابر مدل کائن استفاده گردید. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است دوربین روی یک سه پایه قابل تنظیم و در فاصله ۳۰ سانتی‌متری روبروی محل براده‌برداری واقع شده است که با استفاده از لنز دوربین بهترین فاصله ممکن تنظیم و بعد از هر مرحله براده‌برداری از لبه ابزار تصویر تهیه و اطلاعات هر مرحله ذخیره گردید.

ابزار مورد استفاده همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است یک تیغه فرز انگشتی دو لبه روکش‌دار می‌باشد که برای عملیات فرزکاری انتخاب گردید.

بخش عمده‌ای از تأثیرگذاری تصویر، ناشی از کار نورپردازی آن است. تعداد چهار عدد پروژکتور ۵۰۰ وات در محل قرار داده شد تا نور محل تأمین گردد.

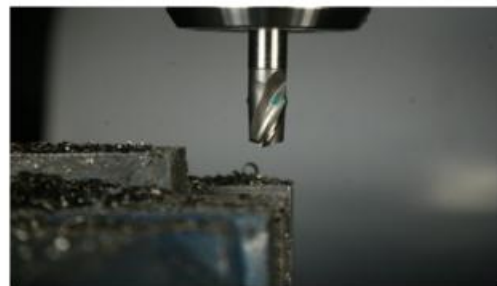
۴- معرفی روند کلی کار

سه گام اصلی در روند تشخیص خودکار میزان خوردگی پیموده می‌شود. نخست با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی چان و سه مکان تیغه فرز در تصویر شناسایی می‌شود. سپس با استفاده از تبدیل هاف مکان لبه تیغه‌ها استخراج می‌شود و در گام پایانی با استفاده از خصوصیات بافت تصویر در تیغه فرز میزان سایش تعیین می‌شود.

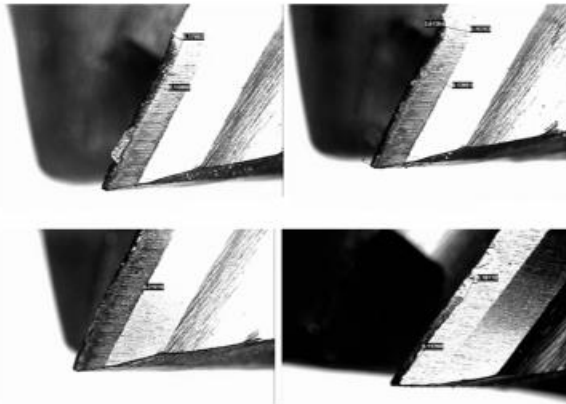
برای پیاده‌سازی پردازش تصویر از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. تصاویر که با دوربین ۹ مگاپیکسل گرفته شده‌اند: با روش چان و سه با ۱۰۰ بار تکرار قطعه‌بندی می‌شوند. شکل ۳ تصویر قطعه‌بندی شده را نشان می‌دهد.



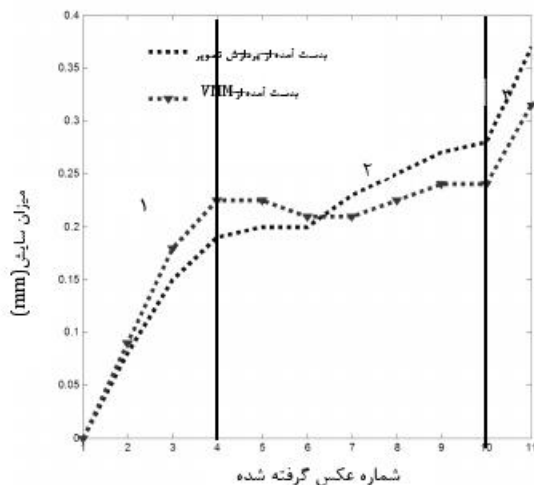
شکل ۱ قرارگیری اجزا مختلف در کنار هم



شکل ۲ ابزار مورد استفاده در عملیات فرزکاری



شکل ۷ نمونه‌ای از تصاویر خروجی از اندازه‌گیری دقیق تصویری (۴ پاس اول)



شکل ۸ مقایسه مقادیر بدست آمده از برنامه پردازش تصویر و اندازه‌گیری دقیق تصویری

برای ابزار برش است. ناحیه‌ی سوم به عنوان ناحیه‌ی سایش شتاب‌یافته شناخته می‌شود. سایش شتاب‌یافته در این ناحیه، معمولاً با افزایش نیروهای برش، دماها و ارتعاش شدید ابزار همراه است. به طور معمول، ابزار در این ناحیه نباید استفاده شود و به عبارتی عمر ابزار پایان‌یافته است. سیر صعودی گراف نشان‌دهنده سایش ابزار در ادامه عملیات براده برداری می‌باشد همچنین با افزایش سرعت برشی سایش ابزار، نیروی ماشین‌کاری و در نتیجه انرژی مخصوص برش کاهش می‌یابد.

۶- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی سایش ابزار به کمک پردازش تصویر بر روی قطعه کار AISI1070 پرداخته شده است به کمک برنامه پردازش تصویر که در نرم‌افزار متلب نوشته شد عمل پردازش تصویر صورت گرفت. برای اطمینان از صحت مقادیر خروجی مقادیر سایش ابزار توسط دستگاه VMM نیز اندازه‌گیری شد. در نهایت نتایج زیر حاصل گردید.

- به کمک پردازش تصویر امکان رصد سایش ابزار در فرایند فرزکاری انجام گردید.
- مقادیر حاصل از پردازش تصویر می‌تواند شرایط عمر ابزار و درصد رسیدن به اتمام عمر ابزار را اعمال نماید.

بعد دوم و سوم به ترتیب شماره سطر و شماره ستون مکان پیکسل می‌باشند. آن‌گاه با استفاده از این ماتریس فواصل افقی (براساس فاصله ستون‌های دو پیکسل موردنظر) نقاطی را که در یک شعاع همسایگی یکدیگر قرار گرفته‌اند محاسبه می‌گردد. در این‌جا از فاصله منتهن و شعاع همسایگی ۱۰ پیکسل استفاده می‌گردد. شکل ۶، مقادیر سایش بر روی ابزار را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۶ بیشترین مقداری که بین این فاصله‌ها وجود دارد به عنوان میزان سایش نمایش داده می‌شود. در نهایت این فاصله را که بر اساس پیکسل است با توجه به دقت دوربین، به مقیاس میلی‌متر تبدیل می‌شود.

۵- تنظیمات و مطلوبیت برنامه

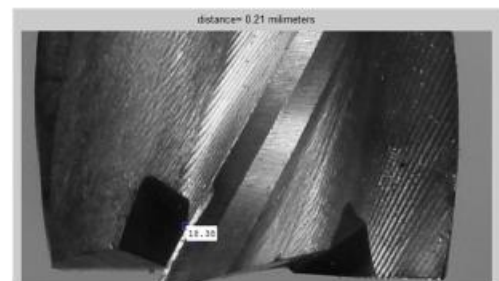
شروع عملیات براده‌برداری با گرفتن اولین تصویر از تیغه فرز سالم به عنوان رفرنس و ذخیره شدن آن و سپس با شرایط تعیین شده در دستگاه فرز براده‌برداری آغاز گردید. از آنجایی که عرض قطعه‌کار ۳۰ میلی‌متر می‌باشد عملیات براده‌برداری هر مرحله طی سه مقطع رفت و برگشتی انجام شده و طی هر مرحله از تیغه فرز عکس گرفته و اطلاعات ذخیره گردید. این کار تا آن‌جا پیش رفت که تیغه فرز کارایی خود را از دست داده و یا دچار لب‌بردگی شود. عکس‌های تهیه شده از تمام مراحل کار با نرم‌افزار متلب آنالیز شده و مقدار سایش در هر مرحله از براده‌برداری مشخص شد. اولین خروجی تصاویر بر مبنای این تنظیمات دستگاه فرز صورت گرفت.

عکس‌های دریافتی از نرم‌افزار که طی یازده مرحله براده‌برداری صورت گرفت، تمامی تصاویر در کد برنامه نرم‌افزار کپی شده و در نهایت با زدن دکمه اجرایی این تصاویر همراه با مقدار سایش در اختیار اپراتور قرار می‌گیرد. تنظیمات اولین مرحله فرزکاری، دستگاه فرز شامل، سرعت دورانی تیغه فرز به میزان ۵۶۵ دور بر دقیقه و پیشروی ۳۶ میلی‌متر بر دقیقه و عمق بار ۲ میلی‌متر می‌باشد.

به منظور راست آزمایی عملکرد برنامه نرم‌افزار، تصاویری همزمان از تیغه فرز بعد از گرفتن عکس توسط دوربین، با باز کردن تیغه فرز از دستگاه از همان وضعیت توسط دستگاه اندازه‌گیری دقیق تصویری عکس تهیه شد (شکل ۷) تا میزان مطلوبیت برنامه تنظیمی در نرم‌افزار متلب مشخص گردد. در شکل ۸ این مقادیر به صورت نمودار در مقایسه با مقادیر حاصل از برنامه پردازش تصویر بدست آمده است.

مقایسه هر دو نمودار نشان دهنده عملکرد خوب و موفقیت‌آمیز نرم‌افزار در مقایسه با دستگاه اندازه‌گیری دقیق تصویری می‌باشد. بیشترین خطای بدست آمده در طی آزمایش‌ها ۰.۱۱۷٪ می‌باشد.

در شکل ۸ با توجه به روند رشد سایش می‌توان آن را در سه مرحله توجیه نمود. ناحیه‌ی اول ناحیه‌ی سایش اولیه است. نرخ سایش نسبتاً بالا در این ناحیه به سایش شتاب‌یافته لایه‌های ابزار آسیب دیده هنگام تولید یا تیز شدن مجدد نسبت داده می‌شود. ناحیه‌ی دوم یک ناحیه عملیاتی معمول



شکل ۶ تعیین میزان خوردگی

- مقادیر حاصل از پردازش تصویر با مقادیر اندازه‌گیری شده از ابزار مطابقت خوبی دارد.

۷- مراجع

- [1] C. S. Won, R. M. Gray, *Stochastic Image Processing*, New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2004.
- [2] M. Chandrasekaran, M. Muralidhar, M. C. Krishna, U. S. Dixit, Application of Soft Computing Techniques in Machining Performance Prediction and Optimization: A Literature Review, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 46, No. 5-8, pp. 445-464, 2010.
- [3] R. Teti, K. Jemielniak, G. O'Donnell, D. Dornfeld, Advanced Monitoring of Machining Operations, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 59, No. 2 pp. 717-739, 2010.
- [4] S. Dutta, S.K. Pal, S. Mukhopadhyay, R. Sen, Application of digital image processing in tool condition monitoring: A review *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Vol. 6, No. 3 pp. 212-232, 2013.
- [5] A. A. Kassim, M. A. Mannan, Z. Mian, Texture Analysis Methods for Tool Condition Monitoring *Image and Vision Computing*, Vol. 25, No.7, pp. 1080-1090, 2007.
- [6] W. Wang, Y. S. Wong, G. S. Hong, Flank wear measurement by successive image analysis *Computers in Industry*, Vol. 56, pp. 816-830, 2005.
- [7] D. A. Fadare, A. O. Oni, Development and Application of a Machine Vision System for Measurement of Tool Wear, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol.4, No.4, pp.42-49, 2009.
- [8] T. Yamaguchi, M. Higuchi, Sh. Shimada, T. Kaneeda, Tool life monitoring during the diamond turning of electroless Ni-P, *Precision Engineering*, Vol.31, No.3, pp. 196-201, 2007.
- [9] M. Castejon, E. Alegre, J. Barreiro, L. K. Hernandez, On-line tool wear monitoring using geometric descriptors from digital images, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol.47, No.12-13, pp. 1847-1853, 2007.
- [10] D. W. Kim, Y. S. Lee, M. S. Park, Ch. N. Chu, Tool life improvement by peck drilling and thrust force monitoring during deep-micro-hole drilling of steel *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol.49, No.3-4, pp. 246-255, 2009.
- [11] J. A. Ghani, M. Rizal, M.Z. Nuawi, M.J. Ghazali, C.H.C. Haron., Monitoring online cutting tool wear using low-cost technique and user-friendly GUI, *Wear*, Vol. 271, No.9-10, pp. 2619-2624, 2011.
- [12] T. F. Chan, L. Vese, Active contours without edges, *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, Vol. 10, No. 2 pp. 266-277, 2001.
- [13] N. Aggarwal, W. C. Karl, Line Detection in Images through Regularized Hough Transform. *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, Vol. 15, No. 3, pp. 582-591, 2006.
- [14] S. Arora, J. Acharya, A. Verma, P. Panigrahi, Multilevel thresholding for image segmentation through a fast statistical recursive algorithm, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 29, pp. 119-125, 2008
- [15] N. Pal, S. Pal, A review on image segmentation techniques, *Pattern Recognition*, Vol. 26, No.9, pp. 1277-1294, 1993.
- [16] R. Guo, S.M. Pandit, Automatic threshold selection based on histogram modes and discriminant criterion, *machine vision applications*, Vol.10, No.5-6, pp. 331-338, 1998.
- [17] S. Chen, M. Wang, multi-thresholds directly from support vectors for image segmentation, *Neurocomputing*, Vol. 67, No. 4, pp. 335-344, 2005.
- [18] E. Cuevas, D. Zaldivar, M. Perez-Cisneros, novel multi-threshold segmentation approach based on differential evolution optimization, *Expert Syst. Appl.* Vol. 37, No.7, pp. 5265-5271, 2010.
- [19] X.S. Yang, Review of meta-heuristics and generalized evolutionary walk algorithm, *Int. J. Bio-Inspired*, Vol. 3, No. 2, pp. 77-84, 2011.
- [20] V. Osuma-Enciso, E. Cuevas, H. A Sossa, comparison of nature inspired algorithms for multi-threshold image segmentation. *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No.4, pp. 1213-1219, 2013.
- [21] L. G. Shapiro, G. C. Stockman, *Computer Vision*. New Jersey: Prentice Hall, 2001.