

تحلیل فرسایش ابزار در ماشین کاری فولاد ST-37

رمضانعلی مهدوی نژاد^{۱*}، محمد خواجه افضل^۲ و عنایت الله دزیانی^۳

^۱دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

^۲دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

^۳عضو هیئت علمی دانشکده فنی شهید منتظری مشهد

(تاریخ دریافت ۸۸/۴/۲۳، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۹/۸/۱۸، تاریخ تصویب ۹۰/۱۲/۱۰)

چکیده

در فرآیند ماشین کاری فرسایش نسبی ابزار، تolerانس ابعادی و کیفیت سطحی و مکانیکی قطعه به عنوان پارامترهای مهم خروجی ماشین کاری مطرح هستند. در این فرآیند حفظ کیفیت سطحی و مکانیکی مستقیماً به ویژگی ابزار و حفظ آن در روند ماشین کاری بستگی دارد و همچنین می توان گفت که دو عنصر ابزار و قطعه کار به عنوان عوامل برشی، اثرات متقابل بر یکدیگر دارند به طوری که بسیاری از پارامترهای ماشین کاری از جمله سرعت برشی و فرسایش ابزار بدین اثرات وابسته اند. در این تحقیق با نگرش به نقش سرعت برشی در فرآیند ماشین کاری و تاثیر آن در فرسایش ابزار HSS و بر اساس اطلاعات به دست آمده بهترین سرعت برشی برای اینکه ابزار مذکور بیشترین عمر را داشته باشد جستجو شده است. ماشین کاری در دو مرحله کلی خشک و با استفاده از مواد خنک کننده انجام شده به طوری که در هر مرحله با انتخاب سرعت برشی به عنوان پارامتر تغییر، سایر پارامترهای ماشین کاری ثابت فرض شده اند. با استفاده از نتایج حاصل از ماشین کاری و معادلات تئوریک موجود، طول عمر ابزار برشی بررسی شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که عمر ابزار در ماشین کاری خشک برای سرعت برشی کمتر از 20 (m/min) با آهنگ زیادی افزایش می یابد، اما سرعت ماشین کاری به همان نسبت کاهش می یابد. همچنین عمر ابزار از سرعت 20 (m/min) تا 40 (m/min) کم شده و در سرعت های بالاتر به شدت کاهش می یابد، بنابراین سرعت برشی در محدوده بین 20 (m/min) تا 30 (m/min) بهینه است. در ماشین کاری با مواد خنک کننده عمر ابزار برای سرعت برشی کمتر از 30 (m/min) به شدت افزایش یافته و در محدوده 30 (m/min) تا 50 (m/min) کاهش یافته و در سرعت های بالاتر به شدت کاهش می یابد، بنابراین بهترین سرعت برای طول عمر بهینه ابزار در محدوده 30 (m/min) تا 40 (m/min) می باشد.

واژه های کلیدی: معکوس کننده، گودال فرسایش، آستانه فرسایش، تراشکاری، مواد خنک کننده

مقدمه

ماشین کاری AISI 4340 بررسی کرده و تغییرات چهارگانه ای در نرخ سایش ابزارهای برشی CBN/TiC در سه حالت مختلف مشاهده نمود. در بررسی سطح گودال فرسایش^۱، فاز TiC بالای فاز CBN برآمده شده است به طوری که روی این ابزار تکه های چسبنده (BUL)^۲ که ترکیبی از Al-Si-Mn-S-Fe هستند قابل مشاهده است [۲]. یکی از روش های نمایش و مشاهده سایش، استفاده از یک مدل ریاضی می باشد در این روش سیگنال های نیرو که دارای اطلاعات درباره فرآیند می باشند بهترین گزینه برای نمایش سایش ابزار هستند. روش کار به این صورت است که آستانه فرسایش و نسبت نیروها در موقعیت های کاری متفاوت از طریق آزمایش جمع شده و مدل ریاضی برای آستانه سایش پیش بینی می شود [۳]. در سال ۲۰۰۸ مایته معادله عمر ابزار را در ماشین کاری با حرارت بالا برای فولاد منگنز دار سخت شده به دست آورد، این

پیش بینی عمر ابزار و تعیین موقعیت آن در فرآیند ماشین کاری از مباحث مهم در طراحی یک ابزار برشی مناسب محسوب می شود، به طوری که با شناسایی دقیق پارامترهای مؤثر بر فرسایش ابزار می توان طول عمر آن را افزایش داده و در نتیجه هزینه ماشین کاری را تقلیل داد. زانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۶ مکانیزم سایش ابزار را برای سه جنس متفاوت مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل نشان می دهد که مکانیزم سایش برای ابزار و قطعه کار WC/Steel بر مبنای فرسایش اصطکاکی بوده در حالی که برای ابزار و قطعه کار PCBN/hardening - steel سایش به صورت شیمیایی انجام می شود، همچنین بیشتر سایش برای این دو جنس در اثر حرارت و دما بوده در حالی که برای PCD نیاز به تحقیقات بیشتر است تا بتوان احاطه مکانیزم سایش را بیان کرد [۱]. باری و همکارانش در سال ۲۰۰۱ مکانیزم سایش ابزار CBN/TiC را در

می‌توان با استفاده از میکروسکوپ از نوک ابزار تصاویر میکروسکوپی لازم را تهیه نمود.

شرح آزمایش

برای بررسی سایش نیاز به تجهیزات است تا بتوان سایش را در ابزار برشی اندازه‌گیری کرد، بدین منظور تجهیزات به کار رفته به همراه مشخصات آنها در زیر آمده که عبارتند از:

- دستگاه تراش TN-50BR با طول ۲ متر که ساخت کارخانه ماشین سازی تبریز-ایران است
- دستگاه معکوس کننده (VFD)^۵، مدل iG5 LG که در واقع تغییر دور دستگاه به صورت دلخواه توسط همین دستگاه انجام می‌شود.
- دور سنج، مدل iG5-LG که از این دستگاه برای تعیین دور دستگاه تراش استفاده می‌شود.
- میکروسکوپ، مدل N5253 که از این دستگاه برای بزرگنمایی نوک قلم، اندازه‌گیری پارامترهای لازم از جمله عمق گودال، پهنای گودال، پهنای آستانه فرسایش و از طریق دوربین دیجیتال برای عکس برداری استفاده می‌شود. بزرگنمایی میکروسکوپ ۵۰ برابر بوده و همچنین این دستگاه دارای میز محرک و گردان است و دقت حرکت میز آن ۰.۰۰۵ میلی‌متر است و از طریق بالا و پایین کردن عدسی، تمرکز انجام می‌شود.
- ابزار برشی (HSS)^۶، که عناصر آلیاژی بکار رفته در آنها عبارتند از تنگستن (در حدود ۱۸٪) و کرم (در حدود ۴٪). این فولادها ممکن است کبالت، وانادیم و یا مولیبدن هم داشته باشد.
- فولاد St-37، که دارای استحکام کششی 350Mpa و درصد تغییر طول نسبی شکست ۲۵٪ می‌باشد.
- ماده خنک کننده، که مخلوط ۵ درصد آب و ۹۵ درصد روغن می‌باشد.

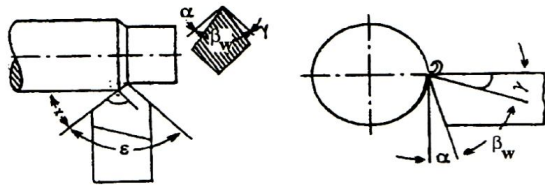
میلگرد مورد آزمایش دارای طول 50cm و قطر 60mm است.

تئوری سایش

روابط بین نرخ سایش و بار وارده به صلبیت تغییر شکل ذرات سایش وابسته است به طوری که روابط نرخ سایش حجمی نرخ سایش حجمی به صورت رابطه ای

معادله با استفاده از آنالیز رگرسیون به دست آمد [۴]. چودهای در سال ۲۰۰۴ با استفاده از یک مدل ریاضی و مقایسه آن با نتایج آزمایشی، آستانه سایش را در ابزار برشی HSS اندازه‌گیری نمود. این مدل ریاضی با استفاده از ضریب نفوذ، نرخ ضریب سایش و بارهای وارده می‌تواند سایش را بررسی کند. این مدل با نتایج آزمایشی در حدود ۹۸ درصد مطابقت داشت [۵]. در سال ۲۰۰۲ کانتی در فرآیند تراشکاری با دستگاه CNC یک رابطه بین منطقه سایش و نیروهای برشی پیدا کرد. در این آزمایش منطقه سایش به کمک دستگاه بافت سطح و با استفاده از نرم‌افزار Form TalysurfTM series اندازه‌گیری شد. همچنین یک مدل ریاضی برای درک بهتر بین روابط منطقه سایش و نیروهای ماشین‌کاری را نشان داد، این مدل که به کمک نرم افزار MATLAB ایجاد شده بود و نشان داد که افزایش منطقه سایش در اثر افزایش منطقه تماس بین ابزار و قطعه کار به وجود می‌آید [۶].

از جمله موارد مهم و تاثیر گذار در عمر ابزار، دما، سرعت برشی، مقدار پیشروی و عمق براده می‌باشد، که در این بررسی در نظر گرفته شده اند در تحقیق حاضر آزمایشات عملی در دو مرحله انجام شد، مرحله اول ماشین‌کاری خشک و در مرحله دوم ماشین‌کاری با مواد خنک کننده که در هر مرحله چهار سرعت برشی بررسی می‌شود، برای تنظیم هر سرعت برشی روی دستگاه تراش از دستگاهی بنام معکوس کننده^۳ استفاده می‌شود که با استفاده از این دستگاه و با تغییر فرکانس ورودی به ماشین تراش می‌توان دور ماشین را تغییر داده و دور مورد نظر را روی آن تنظیم، بدین ترتیب می‌توان یک سرعت برشی ثابت را روی دستگاه تنظیم کرد به طوری که سایر پارامترها ثابت فرض می‌شوند. پارامترهای ماشین‌کاری در جدول (۱) نشان داده شده است، لازم به ذکر است در مواردی که قطر قطعه کار کم می‌شود باید با افزایش دور ماشین سرعت برشی را ثابت نگه داشت، حال پس از اینکه قلم شروع به کار می‌کند به محض اینکه عمر آن به پایان برسد زمان آن با دورسنگ تعیین شده و نمودار عمر آن رسم می‌شود. در سرعت های برشی پایین که قلم بر اثر فرسایش از بین می‌رود در صورت مشاهده گودال فرسایش و آستانه فرسایش^۴ عملیات متوقف می‌گردد و با استفاده از میکروسکوپ عمق گودال در لبه براده و پهنای فرسایش در لبه آزاد اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین



شکل ۱: شمای مشخصات ابزار برشی.

قابل توضیح است که زاویه تنظیم اصلی همان زاویه لبه برنده اصلی به محور طولی قطعه کار و همچنین زاویه تنظیم فرعی همان زاویه بین لبه برنده فرعی با امتداد طولی قطعه کار می‌باشد. لازم به ذکر است که برای تنظیم ماشین روی سرعت برشی مشخص 20m/min ، ابتدا سرعت دورانی ماشین را با توجه به همین سرعت برشی پیدا کرده و سپس ماشین روی این سرعت دورانی تنظیم می‌شود. برای این تنظیم لازم است که فرکانس ورودی به ماشین تنظیم شود. به طوری که با استفاده از روابط موجود و با در دست داشتن سرعت دورانی، فرکانس متناظر محاسبه می‌شود و حال با استفاده از دورسنج سرعت دورانی اسپیندل کنترل می‌شود، در صورت وجود اختلاف باید در فرکانس ورودی تغییرات ایجاد شود.

پس از تنظیم پارامترهای مشخص روی ماشین، تاثیر سرعت‌های برشی بررسی می‌شود. برای هر بار تنظیم باید ابزار برشی تعویض گردیده و زوایای آن مطابق پارامترهای ثابت آزمایش باشد. همچنین باید شرایط کاری برای هر آزمایش و برای بررسی هر سرعت مانند همدیگر باشد. در هنگام محاسبه عمر ابزار، با توجه به مشاهداتی که در حین آزمایش شد، عمر ابزار برآورد شد به عنوان مثال ابزارهایی که در اثر حرارت از بین می‌رفتند، نوک آنها کاملاً برداشته می‌شد و دیگر قابل استفاده نبود، بنابراین در همین لحظه عمر ابزار پایان یافته زمان آن ثبت می‌شد. برای ابزارهای که در اثر فرسایش از بین می‌روند ملاک پایان عمر آنها مطابق با مقادیر استاندارد بود که در مرجع [۸] ذکر شده است. در جدول (۲) میزان عمر ابزار برای هر سرعت برشی و در شرایط بدون مواد خنک کننده به دست آمده است.

در این قسمت ابزار برای سرعت‌های برشی $120-45\text{ m/min}$ در اثر حرارت از بین رفته و برای سرعت برشی 30 m/min در اثر حرارت و سایش و برای سرعت برشی

بیان می‌شود [۵]:

$$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{Z}{H}\right) N^m V_c \quad (1)$$

که در آن H ، Z ، N ، V_c و m به ترتیب سختی نسبی ابزار - قطعه کار، ضریب سایش، بار وارده به سطح، سرعت سایش، ثابت وابسته با طبیعت لایه های برداشته شده می‌باشد. از رابطه (۲) می‌توان مقدار ضریب سایش را محاسبه نمود:

$$Z = Z_0 e^{-U/R\theta_f} \quad (2)$$

Z_0 ، R ، θ_f و U به ترتیب ثابت وابسته به جنس ابزار و قطعه کار، ثابت گازها، دمای مطلق، انرژی فعال است. برای مناطق غیر حساس دمایی، ضریب سایش متوسط به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Z = Z_0(\theta_f)_{avg}^p \quad (3)$$

$(\theta_f)_{avg}$ دمای سایش متوسط است،

$$(\theta_f)_{avg} = \sqrt{V_c f^\beta d^\gamma} \quad (4)$$

در این رابطه V_c ، f ، d به ترتیب سرعت برشی، مقدار پیشروی، عمق برش و ضرایب β ، γ ثابت‌هایی هستند که از نتایج آزمایش تعیین می‌شوند.

نحوه آزمایش

آزمایش‌ها در دو حالت انجام شد:

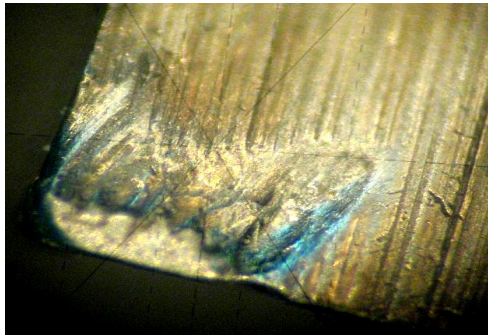
ماشین کاری خشک

ماشینکاری با سرعت‌های برشی مختلف انجام شد. جدول (۱)، مقادیر آزمایش‌های به همراه پارامترهای ماشین کاری را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقادیر آزمایشات به همراه پارامترهای ماشین کاری.

زاویه آزاد α	زاویه براده γ	عمق بار ap (mm)	مقدار پیشروی af (mm/rev)	سرعت برشی (m/min)	آزمایش
8^0	14^0	1	0.11	20	1
8^0	14^0	1	0.11	30	2
8^0	14^0	1	0.11	40	3
8^0	14^0	1	0.11	45	4
8^0	14^0	1	0.11	60	5
8^0	14^0	1	0.11	120	6

شکل (۱) هندسه ابزار برشی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: تصویر میکروسکوپی لبه براده در ماشین کاری خشک و در سرعت برشی 20 (m/min).

در این قسمت ابزار دیگر در اثر حرارت از بین نرفته بلکه در اثر کار زیاد، سایش باعث از کار افتادگی ابزار شده است. لازم به ذکر است که ابزار در سرعت برشی 20 (m/min) حدود ۲۴۰ ساعت زمان خالص ماشینکاری داشته است. حال برای اندازه‌گیری پهنای گودال و عمق گودال با استفاده از میکروسکوپ، عدسی میکروسکوپ را بر روی نوک ابزار تمرکز داده تا بتوان سطح بالای گودال را کاملاً شفاف دید. سپس محور قائم میکروسکوپ را به پایین حرکت داده تا بتوان عمق گودال را شفاف دید حال میتوان میزان حرکت محور قائم میکروسکوپ را یادداشت کرده و به عنوان عمق گودال، آن را نوشت. برای اندازه گیری پهنای گودال هم می‌توان با استفاده از حرکت های افقی میز که مدرج شده است پهنای گودال را اندازه گیری کرد. جدول (۳) مربوط به اندازه گیری در سطح براده بوده که در آن عمق و پهنای گودال در سرعت برشی $V_c=20$ (m/min) اندازه گیری شده اند.

جدول ۳: پارامترهای اندازه گیری شده در سطح براده برای زمان ۲۴۰ ساعت.

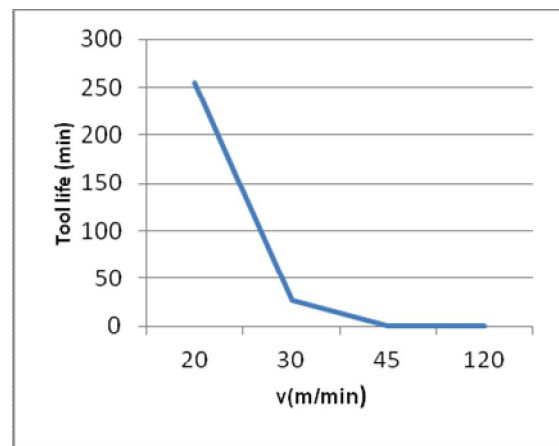
مقدار	کمیت
20	سرعت برشی V_c (m/min)
0.705	پهنای گودال در سطح براده C_w (mm)
0.22	عمق گودال در سطح براده k_f (mm)

در شکل (۴) تصویر سطح آزاد ابزار موجود در شکل (۳) می باشد که در آن پهنای آستانه فرسایش اندازه گیری شده است، مقادیر پهنای آستانه فرسایش اندازه گیری شده در جدول (۴) آمده است.

۲۰ m/min ابزار در اثر سایش از بین رفته است. منحنی تغییرات عمر ابزار برای ماشین کاری خشک و بر حسب زمان به صورت شکل (۲) است.

جدول ۲: میزان عمر ابزار برای هر سرعت برشی.

سرعت برشی (m/min)	عمر ابزار (min)
120	0.0167
45	1.167
30	27
20	255



شکل ۲: منحنی تغییرات طول عمر ابزار بر حسب زمان.

معادله تغییرات طول عمر ابزار برشی بر حسب زمان از رابطه زیر به دست می آید.

$$V_c \cdot t^{(0.15)} = cte \quad (5)$$

در این رابطه عبارت V_c سرعت برشی (m/min) و t طول عمر ابزار بر حسب دقیقه می باشد. عدد ۰.۱۵ [۷] با توجه به نوع ابزار و نوع ماشین کاری انتخاب شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش، ثابت معادله عدد ۴۵ به دست می آید زیرا سرعت برشی و زمان پایان عمر ابزار مشخص است بنابراین این دو را در رابطه (۵) قرار داده و عدد ۴۵ حاصل می شود. لذا در آزمایشات این تحقیق می‌توان معادله زیر را به منظور تعیین طول عمر ابزار مورد استفاده قرار داد. سایش از موارد مهم در کاهش عمر ابزار می باشد.

$$V_c \cdot t^{(0.15)} = 45 \quad (6)$$

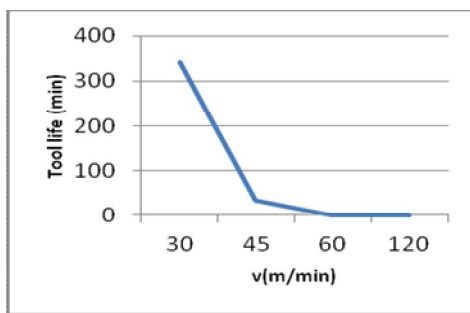
شکل (۳) تصویر میکروسکوپی سطح براده ابزار را که در اثر سایش از بین رفته نشان می دهد.

در خصوص اثر نوک ابزار بر روی الگوی سطح ماشینکاری شده مطالعات زیادی انجام گرفته و نشانگر آن است که هندسه نوک ابزار تاثیر به سزایی در کیفیت سطح حاصل دارد [۱۰].

جدول ۵: طول عمر ابزار برای سرعت های برشی مختلف.

سرعت برشی (m/min)	عمر ابزار (min)
120	0.05
60	0.47
45	34
30	341

منحنی تغییرات طول عمر ابزار بر حسب زمان در شکل (۵) آمده است.

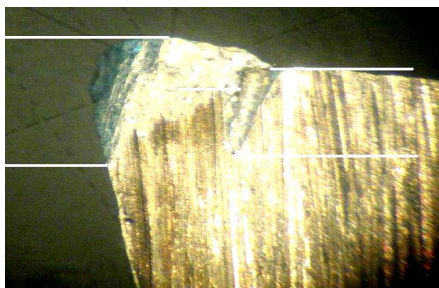


شکل ۵: منحنی تغییرات طول عمر ابزار در ماشین کاری با مواد خنک کننده.

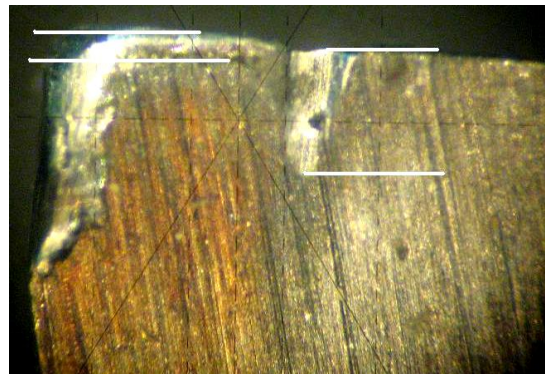
معادله طول عمر ابزار در ماشین کاری با مواد خنک کننده به صورت معادله ۵ بوده که پس از اصلاح به صورت زیر خواهد بود [۱۱]:

$$V_c \cdot t^{(0.15)} = 70 \quad (7)$$

در این رابطه V_c سرعت برشی بر حسب (m/min) و t طول عمر ابزار بر حسب دقیقه می باشد، عدد ۷۰ با توجه به نتایج آزمایش ها به دست آمده است.



شکل ۶: تصویر میکروسکوپی لبه ابزار در ماشین کاری با مواد خنک کننده در سرعت برشی 30(m/min).



شکل ۴: تصویر میکروسکوپی لبه آزاد در ماشینکاری خشک در سرعت برشی 20(m/min).

نحوه اندازه گیری پهنای فرسایش و بیشه پهنای فرسایش به کمک میز افقی میکروسکوپ که مدرج شده است انجام شد.

جدول ۴: پارامترهای اندازه گیری شده در سطح آزاد برای زمان ۲۴۰ ساعت.

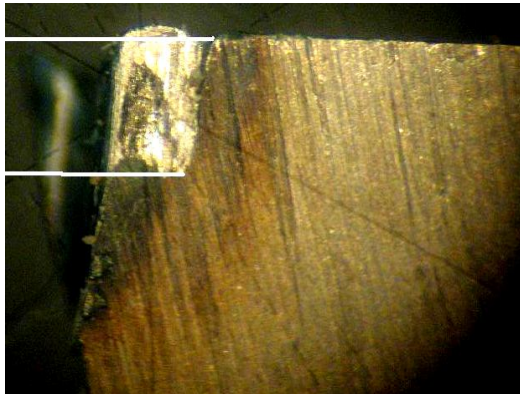
مقدار	کمیت
20	سرعت برشی V_c (m/min)
0.03	پهنای فرسایش در سطح آزاد V_b (mm)
0.26	بیشینه پهنای فرسایش V_{bmax} (mm)

ماشین کاری با استفاده از مواد خنک کننده

در این مرحله عملیات ماشین کاری مشابه حالت قبل ولی با حضور مواد خنک کننده انجام می شود. ویژگی های مواد خنک کننده که مخلوط آب و صابون یا همان آب با روغن است که در قسمت شرح آزمایش آمده است. سرعت های برشی (m/min) ۱۲۰-۶۰-۴۵-۳۰ بوده و طبقه محاسبات مانند ماشین کاری خشک است.

پس از تنظیم پارامترهای ثابت روی ماشین تاثیر سرعت های برشی بررسی شده است. در این حالت طول عمر ابزار را می توان بر مبنای اثرات مکانیکی (سایش) و حرارتی بررسی کرد، در صورتی که ابزار در اثر حرارت از بین برود، نوک ابزار سیاه شده و نوک آن از بین می رود. معیار پایان عمر ابزار در اثر سایش با توجه به مقادیر استاندارد هستند که در مراجع ذکر شده است [۷]، به عنوان مثال برای ابزار HSS معیار پایان عمر ابزار در اثر سایش زمانی است که V_b (پهنای آستانه فرسایش) به مقدار ۰.۳ میلی متر برسد [۹].

جدول (۵) عمر ابزار را برای ماشین کاری با استفاده از مواد خنک کننده نشان می دهد.

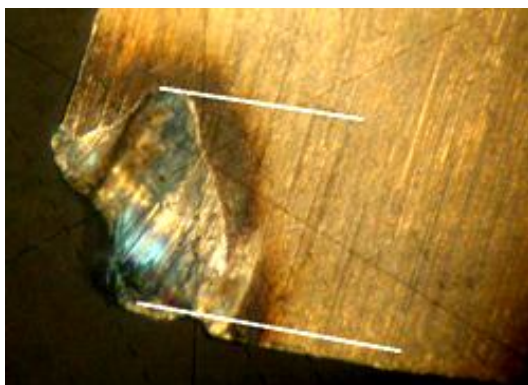


شکل ۸: تصویر میکروسکوپی لبه آزاد در ماشینکاری با مواد خنک کننده در سرعت برشی 45 (m/min) .

جدول ۸: پارامترهای اندازه گیری شده در سطح آزاد برای زمان ۳۴ دقیقه.

مقدار	کمیت
45	سرعت برشی $V_c \text{ (m/min)}$
0.395	پهنای فرسایش در سطح آزاد $V_b \text{ (mm)}$
-	بیشینه پهنای فرسایش $V_{bmax} \text{ (mm)}$

در شکل (۹) تصویر لبه براده می باشد که اطلاعات آن در جدول (۹) می باشد.



شکل ۹: تصویر میکروسکوپی لبه براده در ماشین کاری با مواد خنک کننده در سرعت برشی 45 (m/min) .

جدول ۹: پارامترهای اندازه گیری شده در لبه براده برای زمان ۳۴ دقیقه.

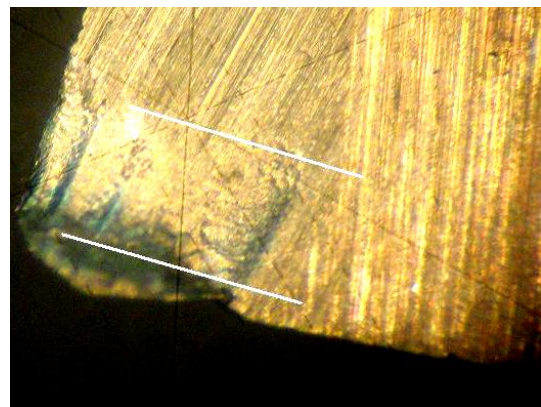
مقدار	کمیت
45	سرعت برشی $V_c \text{ (m/min)}$
0.5	پهنای گودال در سطح براده $C_w \text{ (mm)}$
0.18	عمق گودال در سطح براده $k_t \text{ (mm)}$

در شکل (۶) تصویر میکروسکوپی از سطح آزاد ابزار که در آن پهنای آستانه فرسایش اندازه گیری شده است نشان می دهد. پهنای فرسایش حاصل از اندازه گیری در لبه آزاد ابزار در جدول (۶) آمده است.

جدول ۶: پارامترهای اندازه گیری شده در سطح آزاد برای زمان ۳۴۱ دقیقه.

مقدار	کمیت
30	سرعت برشی $V_c \text{ (m/min)}$
0.2	پهنای فرسایش در سطح آزاد $V_b \text{ (mm)}$
0.395	بیشینه پهنای فرسایش $V_{bmax} \text{ (mm)}$

شکل (۷) تصویر میکروسکوپی لبه براده ابزار می باشد که در آن عمق گودال فرسایش اندازه گیری شده را نشان می دهد.



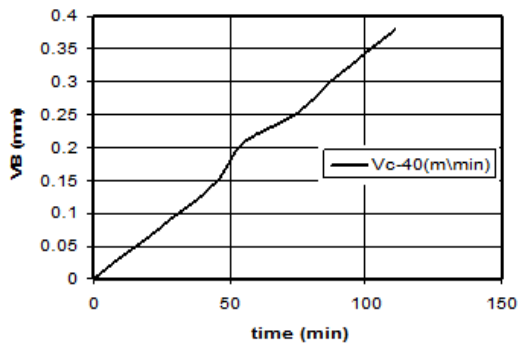
شکل ۷: تصویر میکروسکوپی لبه براده در ماشینکاری با مواد خنک کننده با سرعت برشی 30 (m/min) .

پهنای عمق گودال در لبه براده ابزار که با استفاده از میکروسکوپ نوری اندازه گیری شده در جدول (۷) آمده است.

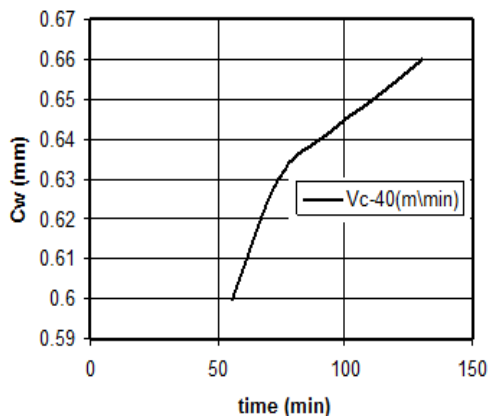
جدول ۷: پارامترهای اندازه گیری شده در سطح براده برای زمان ۳۴۱ دقیقه.

مقدار	کمیت
30	سرعت برشی $V_c \text{ (m/min)}$
0.625	پهنای گودال در سطح براده $C_w \text{ (mm)}$
0.14	عمق گودال در سطح براده $k_t \text{ (mm)}$

شکل تصویر (۸) میکروسکوپی تصویر لبه آزاد ابزار می باشد که پارامترهای اندازه گیری شده در آن در جدول (۸) آمده است.



شکل ۱۱: منحنی تغییرات آستانه فرسایش بر حسب زمان.



شکل ۱۲: منحنی تغییرات پهنای گودال فرسایش بر حسب زمان.

همچنین پهنای آستانه و گودال فرسایش در این مرحله از آزمایش اندازه گیری شده است. اشکال (۱۱) و (۱۲) به ترتیب تغییرات پهنای آستانه فرسایش و پهنای گودال فرسایش را نشان می دهند.

پاره ای از اطلاعات مربوط به وضعیت نوک ابزار در سرعت برشی (m/min) ۴۰ و از زمان های کار کرد 56 min و 111min در جدول (۱۲) آمده است.

جدول ۱۱: وضعیت نوک ابزار در سرعت برشی (m/min) ۴۰.

زمان (min)	عمق گودال فرسایش kt (mm)	پهنای گودال فرسایش C _w (mm)	پهنای آستانه فرسایش V _c (mm)
56	0.03	0.6	0.21
111	0.12	0.65	0.38

تصاویر میکروسکوپی حاصل از نتایج جدول (۱۱) برای سطوح براده و آزاد ابزار در اشکال (۱۳) و (۱۴) آمده است.

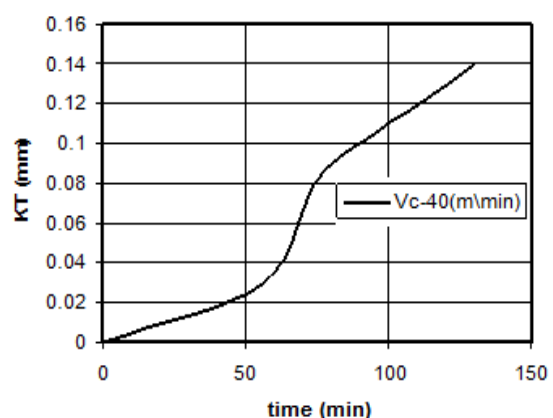
بررسی روند ایجاد گودال و آستانه فرسایش در استفاد از مواد خنک کننده

به منظور مشاهده بهتر فرسایش در ابزار ، در حالت برای یک سرعت برشی مشخص، روند ایجاد گودال و آستانه فرسایش در ماشین کاری با مواد خنک کننده بررسی شد، علت انتخاب این سرعت این بود که با توجه به نتایج سرعت های قبلی، قطعاً در این سرعت گودال و آستانه فرسایش در ابزار ایجاد می شد، همچنین این سرعت تا اینجا بررسی نشده بود. بدین طریق که در طی مراحل ماشین کاری وضعیت نوک ابزار توسط اخذ تصاویر میکروسکوپی مورد ابزار قرار می گیرد لازم به ذکر است که این مرحله با سرعت برشی (m/min) ۴۰ انجام شده است. جدول (۱۰) نتایج حاصل از آزمایش را نشان می دهد.

جدول ۱۰: نتایج حاصل آزمایش از ایجاد گودال و آستانه فرسایش.

زمان (min)	K _T (mm)	V _B (mm)	C _w (mm)
56	0.03	0.21	0.6
74	0.08	0.25	0.63
90	0.1	0.31	0.64
111	0.12	0.38	0.65
130	0.14	0.39	0.66

شکل (۱۰) رفتار عمق گودال فرسایش را در در زمان های مختلف و در سرعت برشی (m/min) ۴۰ نشان می دهد.



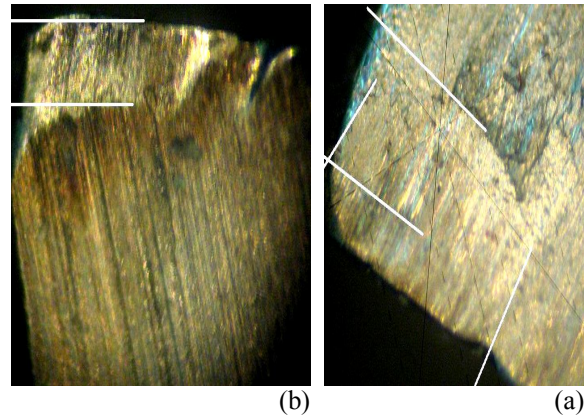
شکل ۱۰: منحنی تغییرات عمق گودال فرسایش بر حسب زمان.

به علت سست شدن مرز دانه ها و رهایی توده هایی از ماده صورت می‌گیرد. شکل (۵) نشان می‌دهد که با استفاده از مواد خنک کننده به میزان قابل توجهی می‌توان طول عمر ابزار را افزایش داد. زیرا در این حالت حرارت متمرکز در جبهه پیشانی ابزار از طریق انتقال حرارت با مایع خنک کننده دفع شده و توده های ماده ابزار استحکام خود را تا حدودی حفظ می کنند به طوریکه پایداری عمر ابزار تا سرعت برشی 40 m/min نسبت به حالت قبل افزایش می یابد. شکل میکروسکوپی ۶ مطلب فوق را تایید می‌کند با توجه به این شکل عدم حضور گودال مذاب نسبت به حالت قبل نوید کم شدن نقش حرارت در حذف توده های ماده ابزار می باشد.

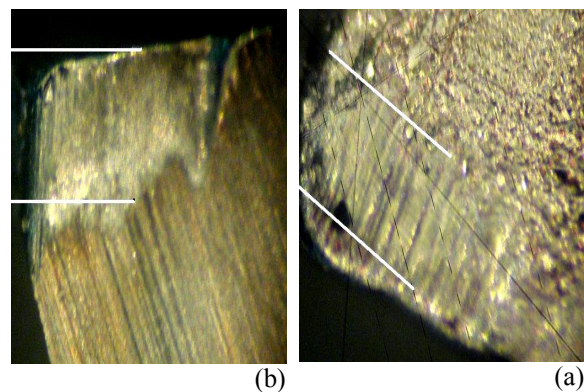
با توجه به شکل (۱۰) می‌توان گفت که تا زمان ۶۰ دقیقه عمق گودال با آهنگ رشد کمتری پیش می رود اما از زمان ۶۰ دقیقه به بعد آهنگ رشد عمق گودال بیشتر می‌شود تا اینکه در زمان ۷۵ دقیقه دوباره کاهش می یابد. ملاحظه می شود که در شکل (۱۱) پهنای آستانه فرسایش با افزایش زمان، بیشتر می شود و به روند صعودی خود ادامه می دهد. در شکل (۱۲) پهنای گودال فرسایش از زمان ۵۵ دقیقه به بعد شروع می شود و در ۱۴۰ دقیقه به مقدار بیشینه خود می‌رسد. در این نمودار از زمان ۶۰ تا ۷۵ دقیقه آهنگ رشد پهنای گودال زیاد است اما از زمان ۸۰ دقیقه این رشد کاهش می یابد.

نتیجه گیری

در این تحقیق وضعیت فرسایش نوک ابزار در ماشین‌کاری با استفاده از ماشین‌های تراش و در حضور و عدم حضور مایع خنک کننده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از ماشین‌کاری نشان می‌دهد که ابزار در سرعت‌های برشی بالا در اثر حرارت و گرمای زیاد از بین می‌رود و در سرعت های برشی پایین در اثر فرسایش از بین می‌رود و همان‌طور که ملاحظه شد ابزاری که در اثر فرسایش از بین می‌رود عمر بیشتری دارد، بنابراین با انتخاب یک سرعت برشی مشخص می توان از ابزار hss استفاده بهینه را برد. با توجه به شکل (۲) می توان نتیجه گرفت که عمر قلم برای سرعت برشی کمتر از ۲۰(m/min) به شدت افزایش می یابد، اما نرخ براده برداری و سرعت ماشین‌کاری به همان نسبت کاهش می‌یابد و همچنین عمر ابزار از سرعت ۲۰(m/min) تا



شکل ۱۳: تصاویر میکروسکوپی سطح براده در ماشین‌کاری مواد. خنک کننده در سرعت برشی 40m/min
(a): سطح براده پس از ۵۶ دقیقه کارکرد
(b): سطح آزاد پس از ۵۶ دقیقه کارکرد



شکل ۱۴: تصاویر میکروسکوپی سطح براده در ماشین‌کاری مواد. خنک کننده در سرعت برشی 40m/min
(a): سطح براده پس از ۱۱۱ دقیقه کارکرد
(b): سطح آزاد پس از ۱۱۱ دقیقه کارکرد

بحث

در حقیق حاضر ماشین‌کاری فولاد ST-37 با ابزار برشی HSS در دو حالت استفاده و بدون استفاده از ماده خنک کننده صورت گرفته است. شکل (۲) تغییرات طول عمر ابزار را بر حسب زمان نشان می دهد. با توجه به این شکل طول عمر ابزار در سرعت های برشی بالا کاهش یافته و در سرعت برشی ۲۰ (m/min) بیشینه است. علت این امر آن است که با افزایش سرعت برشی، تمرکز حرارت در نوک ابزار بیشتر شده و فرسایش آن شدت می یابد. تصاویر میکروسکوپی اشکال (۳) و (۴) ضمن تایید این مطلب نشان می‌دهند که اگرچه عامل اصلی فرسایش در سرعت های بالا تمرکز انرژی حرارتی است لیکن این عمل

شدت افزایش یافته و همچنین عمر ابزار از سرعت 30 (m/min) تا 50 (m/min) کاهش یافته و در سرعت های بالاتر به شدت کاهش می یابد، بنابراین بهترین سرعت در محدوده بین 30 (m/min) تا 40 (m/min) است.

40 (m/min) کم شده و در سرعت های بالاتر به شدت کاهش می یابد، بنابراین بهترین سرعت برشی در محدوده بین 20 (m/min) تا 30 (m/min) است. در ماشین کاری با مواد خنک کننده با توجه به شکل (۵) عمر ابزار برای سرعت برشی کمتر از 30 (m/min) به

مراجع

- 1 - Arsecularatne, J. A., Zhang, L. C. and Montross, C. (2006). "Wear and tool life of tungsten carbide, PCBN and PCD cutting tools." *International Journal of Machine Tools & Manufacture* Vol. 46, PP. 482–491.
- 2 - Barry, J. and Byrne, G. (2000). "Cutting tool wear in the machining of hardened steels .Part II: cubic boron nitride cutting tool wear." *Wear* 247, PP. 152–160.
- 3 - Choudhury, S. K. and Kishore, K. K. (2000). "Tool wear measurement in turning using force ratio." *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 40, PP. 899–909.
- 4 - Maity, K. P. and Swain, P. K. (2008). "An experimental investigation of hot-machining to predict tool life." *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 198, PP. 344–349.
- 5 - Choudhury, S. K. and Srinivas, P. (2004). "Tool wear prediction in turning." *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154, PP. 276–280.
- 6 - Sumit Kanti Sikdar, Mingyuan Chen, (2002). "Relationship between tool flank wear area and component forces in single point turning." *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 128, PP. 210–215.
- ۷ - جفری، ب.، وینستون، ای.ن، "مبانی ماشینکاری و ماشین های ابزار"، چاپ اول، نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۸.
- 8 - Childs, T. (2000). "metal machining theory and applications." University of Leeds, UK,.
- 9 - Alden Kendall, A. (1992). "Friction and wear of cutting tools and cutting tool materials." *ASM Handbook*, Vol. 18, PP. 609-620.
- 10 - Holmberg, K. and Matthews, A. (1994). Coatings tribology, Properties, techniques and applications in Surface Engineering, Ed: D. Dowson, Elsevier.
- 11 - Dipl.-Ing, Schmidt,c. (2003). "Tool Wear Prediction and Verification in Orthogonal Cutting.", May 20.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Crater wear
- 2 - Built up layer
- 3 - Inverter
- 4 - Flank wear
- 5 - Variable-Frequency-Drive
- 6 - High Speed Steel