



دومین همایش ملی مهندسی مواد، متالورژی و ریخته‌گری ایران

انجمن مهندسين متالورژی ایران

انجمن علمی ریخته‌گری ایران

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد کرج

۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۸۷

مجموعه چکیده مقالات

دبیر اجرایی: دکتر مهرداد عباسی

دبیر علمی: دکتر پرویز دوامی



«بررسی تاثیرات ترکیب شیمیایی، ریزساختار و کسر سطحی آخال‌ها بر قابلیت ماشینکاری فولادهای CK45»

حمید سازگاران^۱ و احد ضابط^۲

چکیده

قابلیت ماشینکاری یکی از پارامترهای مهم و موثر بر تولید قطعات فلزی، مخصوصاً قطعات مورد نیاز در صنایع خودروسازی می‌باشد. معیارهای ارزشمند قابلیت ماشینکاری عبارت از عمر ابزار، نیروهای برشی و زبری سطح ماشینکاری شده می‌باشند. در این مقاله دو معیار نیروهای برشی و زبری سطح در مورد فولادهای CK45 با ترکیبات شیمیایی متفاوت بررسی شده است. مهمترین پارامترهای متالورژیکی موثر بر قابلیت ماشینکاری ترکیب شیمیایی، ریزساختار و خصوصیات آخال‌ها می‌باشد. تاثیرات ترکیب شیمیایی، درصد کربن، عناصر آلیاژی توسط تعیین ترکیب شیمیایی به کمک کوانتومتری بررسی شده است و مشاهده شده که عناصر آلیاژی استحکام‌دهنده سبب کاهش قابلیت ماشینکاری می‌شوند. ریزساختار و خصوصیات آخال‌ها توسط میکروسکوپ نوری و نرم‌افزار CLEMEX بررسی شده است و مشاهده شده که با افزایش کسر سطحی آخال‌های سولفیدی قابلیت ماشینکاری بهبود می‌یابد.

کلمات کلیدی: قابلیت ماشینکاری، نیروی برشی، زبری سطح تراشکاری شده، کسر سطحی آخال‌ها، فولادهای CK45.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد - مشهد - ایران
۲. استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد - مشهد - ایران

«بررسی تاثیرات ترکیب شیمیایی، ریزساختار و کسر سطحی آخالها بر قابلیت ماشینکاری فولادهای CK45»

حمید سازگاران^۱ و احد ضابط^۲

چکیده

قابلیت ماشینکاری یکی از پارامترهای مهم و موثر بر تولید قطعات فلزی، مخصوصاً قطعات مورد نیاز در صنایع خودروسازی می باشد. معیارهای ارزشمند قابلیت ماشینکاری عبارت از عمر ابزار، نیروهای برشی و زبری سطح ماشینکاری شده می باشند. در این مقاله دو معیار نیروهای برشی و زبری سطح در مورد فولادهای CK45 با ترکیبات شیمیایی متفاوت بررسی شده است. مهمترین پارامترهای متالورژیکی موثر بر قابلیت ماشینکاری ترکیب شیمیایی، ریزساختار و خصوصیات آخالها می باشد. تاثیرات ترکیب شیمیایی، درصد کربن، عناصر آلیاژی توسط تعیین ترکیب شیمیایی به کمک کوانتومتری بررسی شده است و مشاهده شده که عناصر آلیاژی استحکام دهنده سبب کاهش قابلیت ماشینکاری می شوند. ریزساختار و خصوصیات آخالها توسط میکروسکوپ نوری و نرم افزار CLEMEX بررسی شده است و مشاهده شده که با افزایش کسر سطحی آخالهای سولفیدی قابلیت ماشینکاری بهبود می یابد.

کلمات کلیدی: قابلیت ماشینکاری، نیروی برشی، زبری سطح تراشکاری شده، کسر سطحی آخالها، فولادهای CK45.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد - مشهد - ایران

۲- استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد - مشهد - ایران

مقدمه

در سال‌های اخیر، بررسی‌های گسترده‌ای جهت افزایش قابلیت ماشینکاری فولادها، در راستای افزایش قابلیت تولید محصولات ماشینکاری، بهینه‌سازی سطوح ماشینکاری شده و کاهش تاثیرات زیست‌محیطی صورت گرفته است [۲۰۱]. هدف این مقاله فراهم کردن خلاصه‌ای از ارتباط‌های کیفی و کمی پدیده برش و قابلیت ماشینکاری فولادهای CK45 در فرآیند ماشینکاری می‌باشد. مسائل مهم در قابلیت ماشینکاری بررسی هندسه تشکیل براده، نیروهای برشی، مقدار زبری سطح ماشینکاری شده، انتخاب ابزار مناسب جهت فرآیندهای گوناگون ماشینکاری، سطح نهایی و صرفه اقتصادی می‌باشد [۳].

چقرمگی، نرمی و توانایی فریت برای چسبیدن به لبه ابزار برش، کاهش قابلیت ماشینکاری را موجب می‌شود. مقدار زیاد فریت در فولاد باعث تشکیل لبه انباشته و ایجاد سطح نهایی ضعیف می‌شود، اما به علت آسان بودن برش، سایش کم ابزار را به همراه دارد. ساختار پرلیتی به واسطه ترکیبی از صفحات کاربیدی ترد در کنار لایه‌های نرم فریت موجب افزایش قابلیت ماشینکاری می‌شود. ساختار پرلیتی، سطح نهایی بهتر و براده برداری آسان‌تر را نتیجه می‌دهد. افزایش مقدار کربن در ساختار پرلیتی، عمر ابزار و قابلیت ماشینکاری فولاد را کاهش می‌دهد [۴].

تصفیه فولادهای ریختگی یکی از عوامل مهم در صنعت فولادسازی است که روی خواص مکانیکی و قابلیت ماشینکاری تاثیرات فراوانی می‌گذارد، اما تحقیقات زیادی در خصوص تعیین تاثیر فرآیندهای فولادسازی بر قابلیت ماشینکاری فولاد ریختگی صورت نگرفته است. متأسفانه؛ فاکتور ساختار، اغلب توسط واحدهای صنعتی تولید فولاد، نادیده گرفته می‌شود. مورفولوژی پرلیت لایه‌ای در یک ساختار هایپوپرلیتیک^۱ در تولید انبوه، قابلیت ماشینکاری رضایت‌بخشی را بدست می‌دهد [۴]. افزودن سرب به فولاد یکی از راه‌کارهای اولیه و اساسی در جهت بهبود قابلیت ماشینکاری است [۵]. سرب به عنوان روغن کار در بین ابزار و قطعه عمل کرده و سبب افزایش عمر ابزار و بهبود خواص مکانیکی می‌شود، اما غلظت زیاد سرب، دامنه کاربرد فولادهای حاوی سرب را به علت مشکلات زیست‌محیطی و تاثیرات منفی بر خواص مکانیکی، محدود می‌سازد. امکان حذف سرب از ترکیب فولادها، اغلب با استفاده از مورفولوژی لایه‌ای، ایجاد آخال‌های سولفیدی و اخیراً توسط انجام فرآیند عملیات حرارتی گرافیت‌زایی قابل اجراست. قابل توجه است که در فولادهای اکسیژن‌زدایی شده توسط کلسیم، یک لایه اکسیدی پیچیده که عموماً آخال‌های انورتیت ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_4$) می‌باشد، روی قسمت‌های جناحی و شیار ابزار برش تشکیل می‌شود که به عنوان عامل مانع نفوذ در بین ابزار برش و قطعه کار عمل می‌کند [۶-۸]. یکی دیگر از روش‌های مفید افزایش قابلیت ماشینکاری افزودن

^۱ Hypopearlitic structure

هگزاگونال نیتريد بور^۱ به فولاد است. نیتريد بور به عنوان روغن کار جامد^۲ مشهور می باشد. بنابراین، افزودن نیتريد بور به علت فعالیت روغن کاری کننده، باعث بهبود قابلیت ماشینکاری می شود [۹]. در ماشینکاری (تراشکاری، فرزکاری و سوراخ کاری) قطعات فولادی، مشاهده می شود که با کاهش سرعت برش، عمر ابزار افزایش می یابد. سختی بیشترین تاثیر را روی سوراخ کاری دارد به نحوی که با افزایش سختی، قابلیت ماشینکاری کاهش می یابد. به همین علت است که فولادهای کوئنچ و تمپر شده قابلیت ماشینکاری کمتری نسبت به فولادهای نرماله دارند. آخالها با توجه به منشاء تشکیل، به سه دسته تقسیم بندی می شوند که عبارتند از: (۱) رسوب آخالها از مذاب یا مذاب در حال انجماد، (۲) اکسید شدن فلز مایع هنگام حمل و نقل و (۳) فرسایش مکانیکی یا شیمیایی مواد دیرگداز توسط فلز مذاب می باشد. این گونه به نظر می رسد که سرچشمه اکثر آخالها، رسوب از فولاد مذاب هنگام سرد کردن و انجماد می باشد [۱۰]. آخالهای اکسیدی و نیتриди از این جهت که نیروی برشی لازم در نوک ابزار برش را افزایش می دهند، باعث کاهش قابلیت ماشینکاری و افزایش مصرف ابزار می شوند.

آخالهای سولفیدی همچون MnS قابلیت ماشینکاری فولاد را افزایش می دهند، حال آنکه تاثیرات نامناسب مشخصی روی دیگر خواص فولاد، مخصوصاً روی چقرمگی ضربه و چقرمگی شکست دارند. اخیراً کلسیم و فلزات خاکی کمیاب^۳ به تنهایی یا به صورت ترکیب برای افزایش قابلیت ماشینکاری به فولاد افزوده می شوند، در حالی که بعضی از خواص مکانیکی، خصوصاً چقرمگی را نیز افزایش می دهند. آخالهای سولفیدی قابلیت ماشینکاری فولاد را به خاطر فاکتور تمرکز تنش و نقش آنها به عنوان روغن کار و مانع نفوذ افزایش می دهد [۱۱].

بررسی ها نشان می دهد که طول عمر فولادهای ابزار با افزودن سولفیدها به ساختار فولادهای ماشینکاری افزایش می یابد. آخالهای سولفیدی به عنوان ابزاری حمایت کننده در خصوص خرد کردن براده ها و ایجاد یک لایه چسبنده سولفید منگنز بر روی لبه برش شناخته شده است. مطالعه روی فولادهای اکسیژن زدایی شده در تراشکاری، وجود یک لایه چسبنده به نام لایه انتقال را نشان می دهد. این لایه ها که با آخالها ترکیب شده اند، بین ابزار و براده ظاهر شده و یک لایه نرم محسوب می شود. لایه مذکور به عنوان روغن کار عمل کرده، از ابزار محافظت نموده و نیروی برشی را کاهش می دهد [۱۲].

تشکیل لبه انباشته^۴ در ماشینکاری فولاد کربن متوسط کم آلیاژی به ریزساختار ماده کاری، حتی اگر سختی مشابهی داشته باشد، بستگی دارد. لبه انباشته روی قسمت شیاری ابزار و اطراف تیغه برش می چسبد، به نحوی

¹ Hexagonal boron nitride

² Solid lubricant

³ Rare earth metals

⁴ Built up edge

که ماده چسبنده در جهت گسترش ابزار عمل می کند. هرگاه دمای برش به حدی برسد که باعث تبلور مجدد ماده کارسخت شده لبه انباشته گردد، سختی کم می شود و لبه انباشته از بین می رود. افزایش سختی در فولادهای با ساختار پرلیتی، مصرف ابزار را افزایش و قابلیت ماشین کاری را کاهش می دهد [۱۳].

مواد و روش تحقیق

سه نمونه فولاد CK45 با ترکیبات شیمیایی متفاوت تهیه شده و آزمایشات تعیین ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی، متالوگرافی و معیارهای برشی (نیروی برشی و زبری سطح) روی آنها انجام گرفته است. این سه فولاد دارای قطر ۷/۲ میلیمتر بوده که توسط شرکت های SES، WDI و MD تولید شده اند و ترکیب شیمیایی آنها در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایشات خواص مکانیکی انجام شده شامل سختی سنجی توسط دستگاه سختی سنج راکول B و آزمایش کشش توسط دستگاه Zwick مدل Z250 براساس استاندارد ASTM E 8M می باشد. بیشینه بار دستگاه کشش برابر ۲۵۰۰۰۰ نیوتن می باشد و شرایط تست به این صورت است که بار اولیه ۵MPa، سرعت ثابت حرکت فک دستگاه ۱۵mm/min و Load Cell برابر ۲۵۰۰۰۰ نیوتن می باشد و جابجایی توسط اکتسنسیومتر اندازه گیری شده است. نتایج به دست آمده از آزمون کشش شامل مقادیر حد استحکام، حد تسلیم، چقرمگی برحسب مساحت زیر نمودار تنش- کرنش و درصد تغییر طول می باشد. آزمایشات متالوگرافی توسط میکروسکوپ نوری و محلول اچ نایتال انجام شده است. تصاویر متالوگرافی توسط نرم افزار CLEMEX بررسی شده اند و درصد آخال ها، مساحت بزرگترین آخال، طول بزرگترین آخال و فاکتور شکل آخال ها و درصد فریت و پرلیت تعیین شده است.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی فولادهای مورد آزمایش.

نمونه	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	V
MD	۰/۴۲۹	۰/۲۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰	۰/۷۹۴	۰/۰۹۲	۰/۰۸۹	۰/۰۲۵	۰/۰۰۱
WDI	۰/۴۳۲	۰/۲۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸	۰/۷۳۹	۰/۰۲۵	۰/۰۶۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲
SES	۰/۴۱۳	۰/۱۷۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۸۹۵	۰/۲۷۹	۰/۲۹۳	۰/۰۵۳	۰/۰۰۲

نمونه	Cu	W	Sn	Co	Al	Pb	Nb	Zn
MD	۰/۱۹۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
WDI	۰/۰۲۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
SES	۰/۰۱۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۴۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱

دو معیار قابلیت ماشینکاری، یعنی نیروی برشی در حین تراشکاری و زبری سطح بعد از تراشکاری اندازه گیری شده اند. نیروی برشی توسط دستگاه تراش TN50BR اندازه گیری شده است که بر روی این دستگاه تراش یک Load Cell جهت تعیین نیروی برشی در راستای محور تراشکاری نصب شده است. جهت

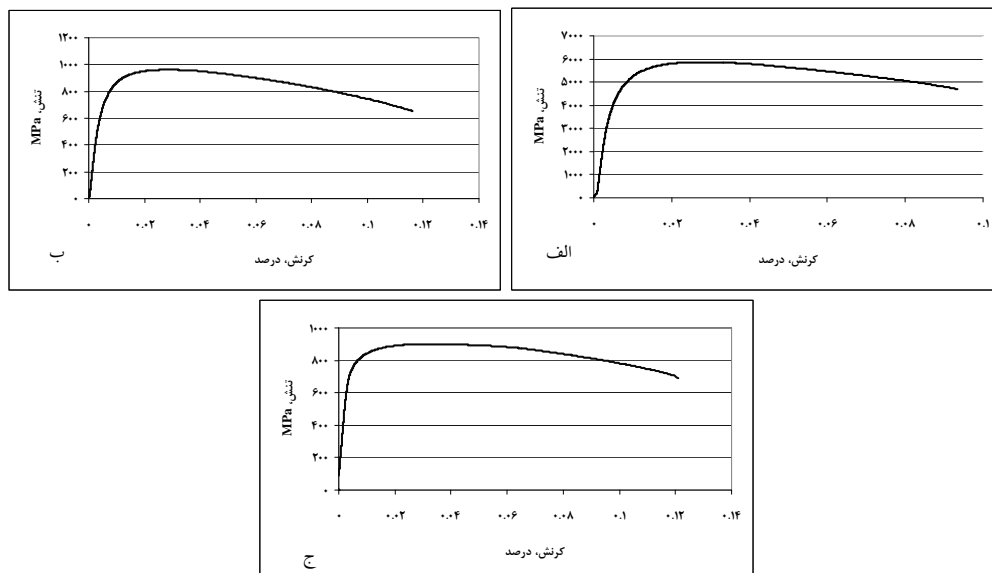
تراشکاری از ابزارهای فولاد تندبر (HSS) با زاویه براده ۸ درجه و زاویه جناحی (زاویه ابزار) ۱۰ درجه استفاده شده است. سپس روی نمونه‌های تراشکاری شده جهت آزمایشات نیروی برشی، سه آزمون زبری سطح توسط دستگاه Surfscan 200 انجام شده است.

یافته‌ها

آزمایشات خواص مکانیکی شامل سختی سنجی و کشش می‌باشد. نتایج سختی سنجی براساس سه اندازه‌گیری بر روی هر یک از فولادها می‌باشد. نتایج آزمون کشش شامل حد استحکام، حد تسلیم (در کرنش ۰/۲ درصد)، چقرمگی برحسب مساحت زیر نمودار تنش-کرنش تا نقطه شکست و درصد تغییر طول کل می‌باشد که براساس میانگین انجام دو آزمایش بدست می‌آید. جدول ۲ بیانگر خواص مکانیکی فولادهای مورد آزمایش می‌باشد و شکل ۱ منحنی‌های تنش-کرنش فولادها را نمایش می‌دهد.

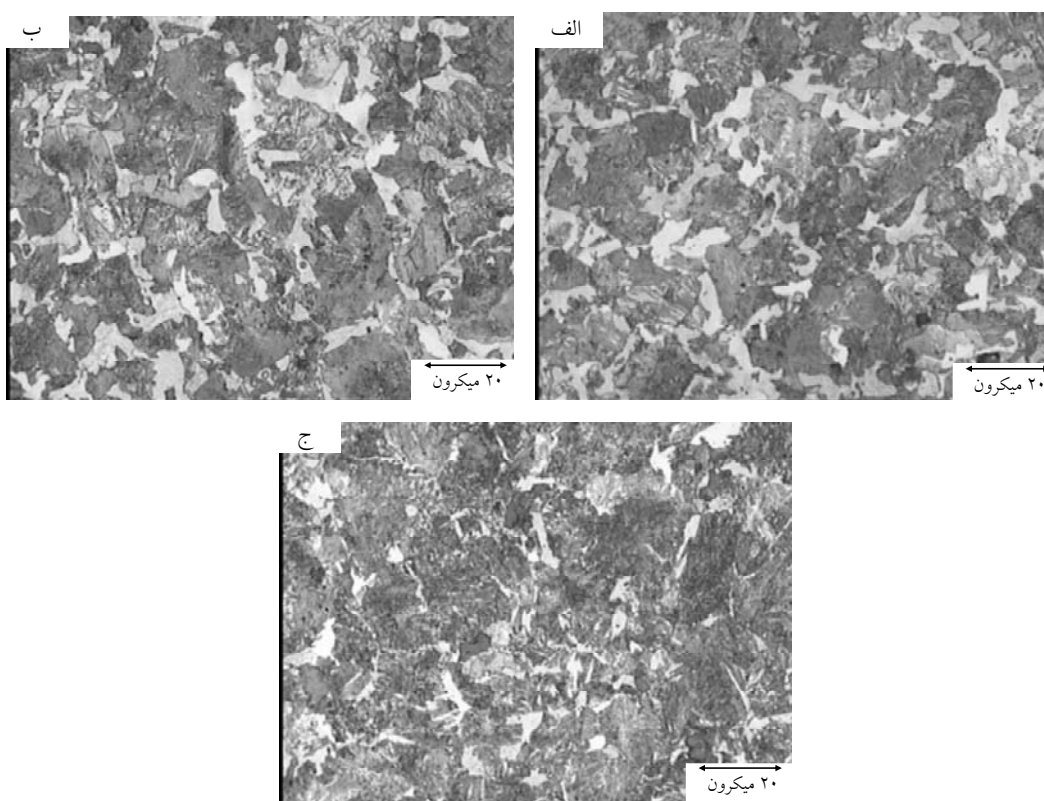
جدول ۲: خواص مکانیکی فولادهای مورد آزمایش.

نمونه	سختی (HRB)	حد استحکام (N/mm ²)	حد تسلیم (N/mm ²)	چقرمگی (Nmm)	درصد تغییر طول کل
MD	۹۸/۷۵	۹۰۴/۷۵	۷۶۵/۸۷	۸۳۲۶۸	۱۱/۹
WDI	۹۹/۵	۹۶۱/۷۵	۷۴۵/۰۵	۶۵۴۸۴	۸/۹۴
SES	۱۰۰	۹۷۴/۳۰	۷۳۷/۱۲	۸۲۲۰۴	۱۲/۰۶



شکل ۱: منحنی تنش-کرنش فولادهای مورد آزمایش، الف) منحنی مربوط به فولاد MD، ب) منحنی مربوط به فولاد WDI و ج) منحنی مربوط به فولاد SES.

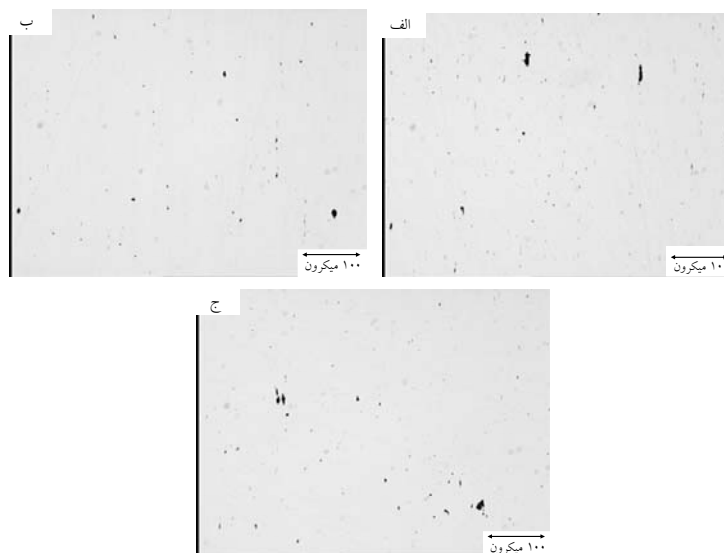
آزمون متالوگرافی روی نمونه‌های برش خورده توسط میکروسکوپ نوری انجام شده است و تصاویر ریزساختار فولادهای مورد بررسی در شکل ۲ نمایش داده شده است. جهت تصویربرداری و تعیین خصوصیات آخال‌ها از برش‌های طولی (نمونه‌ها به صورت عمود بر سطح مقطع برش داده شده‌اند) استفاده شده است. شکل ۳ تصاویر آخال‌های فولادهای مورد بررسی را نمایش می‌دهد. جدول ۳ نتایج به دست آمده از بررسی‌های متالوگرافی توسط پردازش تصاویر به کمک نرم‌افزار CLEMEX را نمایش می‌دهد.



شکل ۲: ریزساختار فولادهای مورد بررسی، الف) مربوط به فولاد MD، ب) مربوط به فولاد WDI و ج) مربوط به فولاد SES (در بزرگنمایی ۵۰۰x).

جدول ۳: نتایج پردازش تصاویر متالوگرافی به کمک نرم‌افزار CLEMEX.

نمونه	درصد پرلیت	درصد فریت	درصد آخال	مساحت بزرگترین آخال (μm^2)	بزرگترین طول آخال (μm)	فاکتور شکل آخال
MD	۸۴/۱	۱۵/۹	۰/۲	۱۰۴/۸	۱۶/۰	۳/۰۳
WDI	۸۵	۱۵	۰/۲	۳۲۱/۸	۳۹۲/۶	۴۷۹/۰
SES	۸۶/۷	۱۳/۳	۰/۱	۷۵/۹	۱۳/۹	۲/۶۷

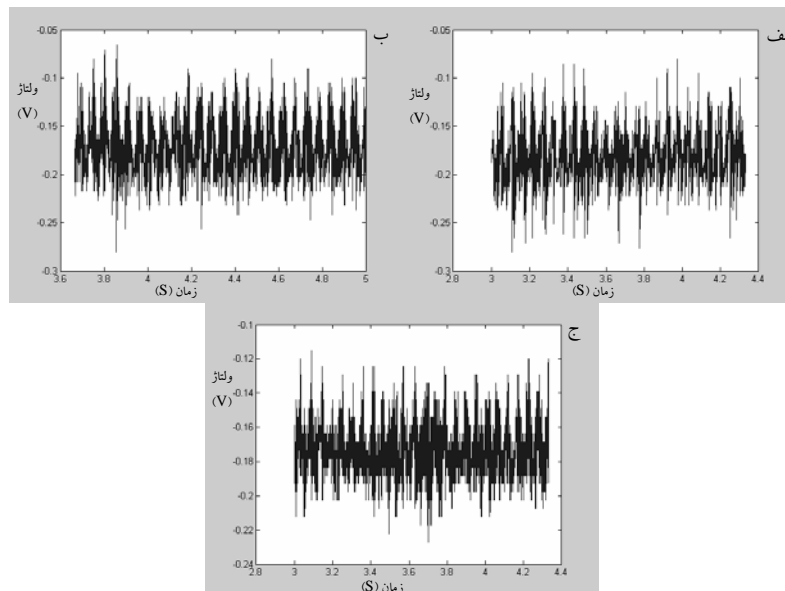


شکل ۳: نمایش آخال‌های فولادهای مورد بررسی، الف) مربوط به فولاد MD، ب) مربوط به فولاد WDI و ج) مربوط به فولاد SES (در بزرگنمایی ۱۰۰x).

آزمایشات قابلیت ماشینکاری براساس معیارهای نیروی برشی و زبری سطح انجام شده‌اند. آزمون نیروی برشی فولادهای مورد بررسی در دو سرعت برش $22/6 \text{ m/s}$ و $31/65 \text{ m/s}$ ، دو عمق برش $0/2 \text{ mm}$ و $0/4 \text{ mm}$ و در نرخ تغذیه یا سرعت پیشروی $0/05 \text{ mm/rev}$ انجام شده‌اند و نتایج براساس میانگین سه آزمون می‌باشد. شکل ۴ نمودارهای نیروی برشی به صورت ولتاژ برحسب زمان به دست آمده از Load Cell را نمایش می‌دهد. بر روی نواحی تراشکاری شده در بخش آزمایشات نیروی برشی، سه اندازه‌گیری زبری سنجی سطح تراشکاری شده صورت می‌گیرد و نتایج حاصله میانگین نه اندازه‌گیری می‌باشد. جدول ۴ نتایج آزمایشات نیروی برشی هنگام تراشکاری فولادهای مورد بررسی و زبری سطح تراشکاری شده آنها را ارائه می‌دهد.

جدول ۴: نتایج آزمایشات نیروی برشی و زبری سطح تراشکاری شده در سرعت پیشروی $0/05 \text{ mm/rev}$.

نمونه	سرعت برش (m/s)	عمق برش (mm)	نیروی برشی (N)	زبری سطح (میکرون)
MD	22/6	0/4	44/945	2/022
WDI	22/6	0/4	38/879	1/926
SES	22/6	0/4	44/07	2/388
MD	22/6	0/2	31/354	2/453
WDI	22/6	0/2	21/875	2/853
SES	22/6	0/2	18/725	2/793
MD	31/65	0/2	42/641	1/944
WDI	31/65	0/2	36/895	2/066
SES	31/65	0/2	38/237	2/866



شکل ۴: منحنی نیروی برشی برحسب زمان در سرعت برش $22/6\text{m/s}$ ، عمق برش $0/4\text{mm}$ و پیشروی $0/05\text{mm/rev}$ (الف) منحنی مربوط به فولاد MD، (ب) منحنی مربوط به فولاد WDI و (ج) منحنی مربوط به فولاد SES.

بحث

بر اساس جدول ۲، سختی سه فولاد کاملاً یکسان می باشد و می توان گفت سایر خواص مکانیکی همانند حد استحکام، حد تسلیم، چقرمگی و درصد تغییر طول کل نیز تفاوت چشمگیری ندارند. بنابراین خواص مکانیکی فولادها تاثیر چندانی در اختلافات معیارهای قابلیت ماشینکاری ندارند. بر اساس جدول ۴ می توان گفت که فولاد SES در سرعت برش $22/6\text{m/s}$ و عمق برش $0/4\text{mm}$ و در سرعت برش $31/65\text{m/s}$ و عمق برش $0/2\text{mm}$ بیشترین زبری سطح ماشینکاری شده را دارد. در سرعت برش $22/6\text{m/s}$ و عمق برش $0/2\text{mm}$ فولاد WDI بیشترین زبری سطح ماشینکاری شده را دارد و در همه تراشکاری ها با عمق برش $0/2\text{mm}$ فولاد MD بهترین سطح تراشکاری شده را فراهم می سازد. نیروهای برش در سرعت برش $22/6\text{m/s}$ و عمق برش $0/4\text{mm}$ و در سرعت برش $31/65\text{m/s}$ و عمق برش $0/2\text{mm}$ تفاوت چشمگیری را نشان نمی دهد، اما نیروهای برشی در سرعت برش $22/6\text{m/s}$ و عمق برش $0/2\text{mm}$ اختلاف شدیدی دارد و فولاد MD بیشترین و فولاد SES کمترین مقدار نیروی برشی را دارند. به علت کوچک بودن قطر نمونه های فولادی مورد استفاده در آزمایشات نیروی برشی، هنگام تراشکاری ارتعاشات شدیدی وجود دارد و در نظر گرفتن معیار زبری سطح تراشکاری شده جهت بررسی قابلیت ماشینکاری نتایج واضح تری را نسبت به معیار نیروی برشی ارائه می دهد. با در نظر گرفتن معیار زبری سطح تراشکاری شده می توان به صورت کلی بیان کرد که فولاد SES بدترین قابلیت ماشینکاری را دارد و فولادهای MD و WDI از دیدگاه قابلیت ماشینکاری اختلاف چندانی ندارند.

مهمترین عوامل تاثیرگذار بر قابلیت ماشینکاری را می‌توان به سه عامل ترکیب شیمیایی، ریزساختار و خصوصیات آخال‌ها مرتبط دانست. براساس جدول ۱، سه فولاد حاوی مقادیر کربن و منگنز مشابهی می‌باشند. نیکل، کروم و مولیبدن به عنوان سه عنصر استحکام دهنده و تاثیرگذار بر قابلیت ماشینکاری معرفی می‌شوند. مجموع این سه عنصر در فولاد SES از سه فولاد دیگر بیشتر بوده و اختلاف شدید در مقادیر این عناصر سبب کاهش قابلیت ماشینکاری در فولاد SES می‌گردد. با توجه به شکل ۲ و جدول ۳، مشاهده می‌شود که درصد پرلیت در فولاد SES بیشترین مقدار و در فولاد MD کمترین مقدار را دارد. با افزایش مقدار پرلیت سختی افزایش می‌یابد و در نتیجه آن قابلیت ماشینکاری کاهش می‌یابد. تاثیر دیگر افزایش پرلیت کاهش لایه لایه بودن ساختار است که خود سبب کاهش قابلیت ماشینکاری می‌گردد. به عبارت دیگر، فریت فازی نرم بوده و در هنگام تراشکاری راحت‌تر برش می‌خورد و سبب بهبود قابلیت ماشینکاری می‌شود. آخال‌ها سومین عامل موثر بر قابلیت ماشینکاری می‌باشند و افزایش آخال‌های خوش‌تراش همانند سولفیدها سبب بهبود قابلیت ماشینکاری می‌گردد. مشاهده می‌شود که فولادهای MD و WDI دارای ۰/۲ درصد و فولاد SES دارای ۰/۱ درصد آخال می‌باشد و همچنین فولاد WDI دارای بیشترین مساحت آخال و فولاد SES دارای کمترین مساحت آخال می‌باشد. با توجه به ترکیب شیمیایی فولادهای مورد بررسی می‌توان گفت که آخال‌های شکل ۳ همه از نوع آخال‌های سولفیدی MnS می‌باشند. هر سه فولاد دارای مقادیر منگنز تقریباً یکسان می‌باشند، اما مقادیر گوگرد موجود در آنها تفاوت دارد و سبب تفاوت در کسر سطحی آخال می‌شود. کشیدگی آخال‌ها و فاکتور شکل آنها (نسبت طول به عرض آخال) نیز تاثیر شدیدی بر قابلیت ماشینکاری می‌گذارد. آخال‌ها در فولاد SES کمترین طول و فاکتور شکل و در فولاد WDI بیشترین طول و فاکتور شکل را دارند. بنابراین، با افزایش طول و فاکتور شکل در آخال‌های سولفیدی قابلیت ماشینکاری بهبود می‌یابد. مهم‌ترین تاثیر کشیدگی آخال‌ها ایجاد لایه‌های ترد در مقابل ابزار برش و در نتیجه شکنندگی بیشتر براده می‌باشد که این پدیده موجب کاهش دمای ابزار برش و کاهش پدیده نفوذ در نوک ابزار می‌شود. با در نظر گرفتن ترکیب شیمیایی، ساختار و خصوصیات آخال‌ها می‌توان فولاد SES را به عنوان بدتراش‌ترین فولاد دانست که این نتیجه مطابق با نتایج کسب شده از معیار زبری سطح تراشکاری شده می‌باشد. در مورد فولادهای MD و WDI به صورت واضح نمی‌توان گفت که کدامیک قابلیت ماشینکاری بهتری نسبت به دیگری دارد، اما با توجه به خصوصیات آخال‌ها می‌توان فولاد WDI را به عنوان فولاد برتر دانست.

نتیجه گیری

۱- سه عنصر نیکل، کروم و مولیبدن تاثیر شدیدی بر قابلیت ماشینکاری دارند و سبب افزایش زبری سطح تراشکاری شده و کاهش قابلیت ماشینکاری در فرآیند تراشکاری می شوند.

۲- درصد پرلیت بر قابلیت ماشینکاری موثر است و افزایش آن در فولادهای CK45 سبب کاهش قابلیت ماشینکاری می شود.

۳- افزایش مقدار و کسر سطحی آخالهای سولفیدی موجب بهبود قابلیت ماشینکاری می شود و هر چه آخالها کشیده تر و فاکتور شکل بزرگتری داشته باشند، سبب کاهش زبری سطح تراشکاری شده و بهبود قابلیت ماشینکاری را در پی دارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از شرکت قطعات محوری خراسان جهت همکاری در زمینه تهیه فولادهای مورد آزمایش و در مورد در اختیار قرار دادن امکانات انجام آزمایش زبری سطح به ویژه مهندس گلچیان و مهندس امینی تقدیر و تشکر به عمل می آید.

مراجع

۱. علی حائریان اردکانی، مواد و فرآیندهای تولید، جلد سوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۱.
۲. محمد رضا رازفر، اصول ماشینکاری و ابزارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک)، مرکز نشر، ۱۳۷۹.

3- M.E. Finn, Metals Handbook, ninth ed., vol.16, Machining, ASM International, Ohio, USA, 1989, pp.666-680.

4- Yu. M. Brunzel and I. M. Fomin, Effect of the pearlite structure of structural steel on its machinability, Translated from Metallovedenie i Termicheskaya Obrabotka Metallov, No. 1, pp. 29- 31, January, 1997.

5- M. A. Krishtal, A. A. Borgardt, and Yu. D. Yashin, Effect of lead on the machinability free-cutting steel, Tol'yatti Polytechnic Institute, Translated from Metallovedenie i Termicheskaya Obrabotka Metallov, No. 3, pp. 10-12, March, 1977.

6- G. Poulachon. et al, Sulphide inclusion effects on tool-wear in high productivity milling of tool steels, Wear 253 (2002) 339-356.

7- D.V.Edmonds and K.He, Acceleration of graphitisation in carbon steels to improve machinability, Institute for materials research, University of Leeds, LS2 9JT, UK.

8- K.He, A.Brown, R.Brydson and D.V.Edmonds, An EFTEM study of the dissolution of cementite during the graphitisation annealing of quenched medium carbon steel, Institute for materials research, University of Leeds, LS2 9JT, UK.

9- R.Tanaka. et al, Machinability of BN free-machining steel in turning, International Journal of Machine Tools & Manufacture 47 (2007) 1971-1977.

- 10- M. Murshed. et al, Effect of abrasive inclusions on the machinability of cast steel, AFS Transactions 01-112, pp 1-11.
- 11- L.Jiang, K.Cui and H.Hfinninen, Effects of the composition, surface fraction and area fraction of sulfide inclusions on the machinability of re-sulfurized free-machining steel, Journal of Materials Processing Technology 58 (1996) 160-165.
- 12- G.Poulachon. et al, An investigation of the influence of sulphide inclusions on tool-wear in high speed milling of tool steels, Wear 250 (2001) 334–343.
- 13- T.Akasawa. et al, Effect of microstructure and hardness on the machinability of medium-carbon chrome-molybdenum steel, Journal of Materials Processing Technology 153–154 (2004) 48–53.

An evaluation of chemical composition, structure and surface fraction of inclusions on machinability of CK45 steels

hamid.sazegaran@gmail.comHamid Sazegaran¹
& Ahad Zabet²

Abstract

Machinability is one of the most important and effective parameters in metal pieces production, especially necessary pieces in automotive industry. Valuable factors of machinability are divided as tool life, cutting force and surface roughness. In this paper, two factors including cutting force and surface roughness are studied in CK45 steels with different composition. The most important and effective metallurgic parameters on machinability are chemical composition, structure and inclusion characteristics. Effects of Chemical composition, carbon content and alloy element are studied by quantometry and it's observed that strengthening alloy elements have caused the decrease of machinability. Structure and inclusion characteristics are evaluated by light microscope and CLEMEX software and it's observed that with the increasing of surface fraction of inclusions would be improved the machinability.

Keywords: machinability, cutting force, surface roughness, surface fraction of inclusions, CK45 steels.

¹ MS student at ferdowsi university of mashhad, engineering department, material engineering faculty, mashhad, iran

² Assistant professor at ferdowsi university of mashhad , engineering department , material engineering faculty , mashhad, iran