مطالعه فولاد سادهٔ کربنی CK ۴۵ جهت استفاده ابزار خاک ورز[1]

مهدی کسرایی و علیرضا صبور روح اقدم[2]

۱- چکیده :

فولاد سادهٔ کربنی CK۴۵ با توجه به خواص خوب مکانیکی و متالوژی آن قیمت نسبتاً مناسبی دارد. هر ابزار خاک ورز باید هم مقاوم به سایش و هم مقاوم به ضربه باشد و نیز از مواد گران قیمت تهیه نشده باشد. در این پژوهش خصوصیات این فولاد در سایش خراشان و ضربه بررسی شد تا عملکرد آن در قطعاتی نظیر گاو آهن و سایر ابزار خاک ورز پیش بینی شود. این فولاد تحت یک سری عملیات حرارتی مختلف قرار گرفت. خصوصیات سایش با یک دستگاه آزمایش سایش خراشان استاندارد (ASTM-G105-89)، به نام آزمایش ساینده‌گی با شن مرطوب و چرخ لاستیکی که ساخته شد بررسی گردید. خصوصیات مقاومت به ضربه نیز با دستگاه آزمایش چارپی مطالعه شد. نتایج نشان داد که با عملیات حرارتی نسبتاً ساده می‌توان مقاومت به سایش و مقاومت به ضربهٔ این فولاد را افزایش داد و برای کاربردهای خاک ورزی از آن استفاده کرد.

۲- واژه های کلیدی:

ابزار خاک ورز، سایش خراشان، عملیات حرارتی، فولاد سادهٔ کربنیCK۴۵، مقاومت به ضربه.

۱- برگرفته از رساله دکتری.

۲- به ترتیب دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، گروه ماشینهای کشاورزی، پیام نگار: **ahkasraei@hotmail.com** و استادیار دانشکده مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- پیشگفتار:

اگر هر قطعه زمین زراعی در ایران فقط یک بار در سال شخم (خاک‌ورزی) شود جمعاً حدود ٤٦ میلیارد تن خاک جا به جا می‌شود. جا به جایی این توده خاک باعث سایش و در مواردی شکستن ابزار خاک‌ورز می‌شود. روشن است که عمر ابزار خاک‌ورز بستگی به میزان سایش آنها دارد [۹] مگر آنکه این ابزار در اثر ضربه شکسته شوند. ابزار خاک‌ورز باید ویژگی مقاومت به سایش داشته باشد و در برابر ضربه نیز مقاومت کند. هر چه ماده (تحت سایش) سخت‌تر باشد مقدار سایش آن کمتر خواهد بود [١٤و ١٥]. با این همه، مواد با سختی بالا و مقاومت سایشی زیاد چقرمگی (معیار مقاومت به ضربه) کمی دارند و بر عکس [۲ و ۳]. به طور مثال، فولاد منگنزی که چقرمگی زیادی دارد قبل از سخت شدن مقاومت به سایش (خراشان) آن کم است و بر عکس کاربید تنگستن که از مواد خیلی مقاوم به سایش (خراشان) است در مقابل ضربه بسیار ضعیف است [۲].

تا کنون در ایران سایش در بخش کشاورزی بررسی نشده است؛ اما اطلاعات موجود از کشورهای صنعتی نشان می‌دهد که سهم سایش در بخش کشاورزی و سایر بخشهای اقتصادی در هزینه‌های ملی زیاد است؛ به طور مثال در ایالات متحده در سال ۱۹۷۸، هزینه سایش ۲۰ میلیارد دلار بوده است؛ در آن کشور سایش سالانهٔ فولاد در بخش کشاورزی ۱/۰۰٦ میلیون تن است که ۸۷/۱۷ درصد آن به ابزار خاک‌ورز مربوط می‌شود [٦]. در کانادا در سال ۱۹۸٦، هزینهٔ اصطکاک و سایش در بخش کشاورزی ۱/۲٦ میلیارد دلار بوده است که ۹٦۰ میلیون دلار آن در اثر سایش و ۳۲ میلیون دلار آن در اثر عملیات خاک‌ورزی بوده است. تخمین زده شده است که در این کشور در اثر بهبود عملکرد سایش در بخش کشاورزی می‌توان سالانه ۲۲۳ میلیون دلار صرفه جویی کرد [۲۵].

سایشی که خاک در ابزار خاک‌ورز ایجاد می‌کند از نوع سایش خراشان است [٤، ۷ و ۹]. طبق تعریف، سایش خراشان وقتی اتفاق می افتد که از دو جسم در تماس، که نسبت به یکدیگر حرکت دارند، یکی سخت تر یا دارای ذرات سخت تر باشد. طبق تحقیقات، اگر نسبت سختی دو سطح بیش از ۱/۲ باشد سایش خراشان ایجاد می‌شود [۸ و ۱۰].

دربارهٔ سایش و سایش خراشان جهت کاربردهای صنعتی بررسیهای زیادی شده است [۸ و ۱۵]، اما مطالعات سایش جهت ابزار خاک‌ورز باید با توجه به موارد زیر انجام شود:

۱- در ابزار خاک ورز، فولاد با خاک در تماس است لذا برای کاهش سایش (و اصطکاک) نمی‌توان از روغنکاری استفاده کرد.

۲- هدف از مطالعهٔ سایش ابزار خاک ورز، کاهش سایش به منظور حفظ کیفیت سطح و کیفیت عملکرد ابزار است نه حفظ تلرانسهای مجاز (لذا مقادیر کم سایش اهمیتی ندارد).

۳- به منظور کاهش قیمت ابزار خاک ورز و ترویج مکانیزاسیون، نمی‌توان از فولادهای

مرغوب وگران قیمت و نیز روشهای پر هزینهٔ مقاوم کردن استفاده کرد.

٤- از انتخاب روشهایی که منجر به کاهش بیش از حد چقرمگی می‌شود باید خودداری کرد تا مقاومت به ضربه کافی باشد.

با توجه به موارد فوق هدف این پژوهش مطالعهٔ رفتار سایشی و ضربه ای فولاد ساده کربنیCK٤٥ در نظر گرفته شد تا عملکرد آن در ابزار خاک‌ورز پیش بینی شود. از ویژگیهای این فولاد، تولید در ایران، قیمت مناسب، راحتی عملیات حرارتی و قابلیت آهنگری و ماشینکاری است.

در ابزار خاک ورز می‌توان با استفاده از فولادهای آلیاژی [۲۵] و یا چدن با پوششهای کرم سخت یا نیکل [٢٤] و یا از طریق پوششهای سطحی نظیر آلومین [۷]، کاربید تنگستن [٤، ۱۱، ۱۲ و۲۵]، کاربید تنگستن و کبالت [۱۱]، بر [۲۰ و۲۳]، بور و کرم [۲۳] و نیز نیتریده کردن [۱۳] جهت کاهش سایش استفاده کرد. اما این روشها اغلب پر هزینه اند و در مواردی باعث کاهش مقاومت به ضربه می‌شوند.

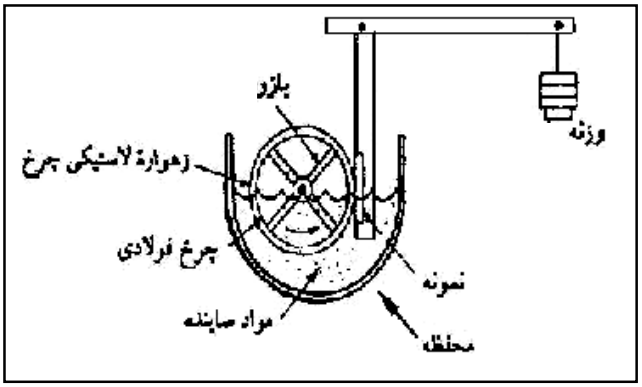
تأثیر عملیات حرارتی روی سایش فولادهای ساده کربنی ۰/۵۰ درصد کربن [١٤]، ۰/۷۰ درصد کربن [١٦]، ۰/۸۰ درصد کربن [۱ و ۲۲]، و ۰/۹۸درصد کربن [۵] نیز مطالعه شده است. در اغلب این مطالعات کاربردهای صنعتی مورد نظر بوده و از دستگاههای دیگر آزمایش سایش خراشان استفاده شده است. ویژگی مهم دستگاه آزمایش ساخته شده جهت این تحقیق (نسبت به سایر دستگاههای آزمایش سایش استاندارد) آن است که مادهٔ ساینده آن شن مرطوب طبیعی، اکسید سیلسیم (کوارتز) است که فراوان ترین کانی پوستهٔ زمین می باشد. بنابراین استفاده از این دستگاه برای مطالعه سایش ابزار خاک ورزی، به دلیل شباهت بیشتر ماده ساینده آن با شرایط واقعی، مناسبتر است.

۴- مواد و روشها:

- تجهیزات

الف- دستگاه آزمایش سایش:

یک دستگاه آزمایش سایش خراشان طبق استاندارد (ASTM-G105-89) [۱۷]ساخته شد. در این دستگاه، نمونه به ابعاد ۱۰×۲٦× ۵۸ میلیمتر در مقابل یک چرخ لاستیکی به قطر ۱۷۸ و ضخامت ۱۳ میلیمتر قرار می‌گیرد. چرخ لاستیکی شامل یک دیسک فولادی است که در اطراف آن لاستیک نئوپرن (Neoprene) قرار دارد (شکل شمارهٔ ۱).



شکل شمارهٔ ۱- شمای قسمت داخلی دستگاه سایش

لاستیک باید در سه گروه متفاوت با سختی اسمی ۵۰ ، ٦۰ و ۷۰ دیورمتر شور آ (Durometer Shore A) تهیه شود؛ چرخ لاستیکی با سرعت ثابت ۲٤۵ rpm بچرخد و با قرار دادن وزنه، به محل تماس نمونه با چرخ، نیروی عمودی معادل ۲۲۲ نیوتن اعمال شود. دو پره چهار بازویی که در جلو و عقب چرخ قرار می‌گیرند، ضمن هدایت آب و شن به محل تماس نمونه با چرخ لاستیکی مانع از ته نشین شدن شن می‌شوند. مادهٔ ساینده شن سیلیس (کوارتز) با دانه‌بندی ۳۰۰-۲۱۲ میکرومتر است که با آب مقطر مخلوط می‌شود.

ب ـ دستگاه دیورمتر شور آ:

از یک دستگاه دیورمتر شور آ - شرکت هرته پروفر (Harteprüfer) آلمان طبق دین (DIN) ۵۳۵۰۵ - جهت تعیین سختی لاستیک استفاده شد [۱۸]. دستگاه شامل یک سوزن فرورونده بود که تحت وزن یک کیلوگرم به سطح لاستیک فرو می رفت و مقدار سختی از صفحه مدرج آن قرائت می‌شد.

ج- دستگاه توزین:

از یک دستگاه ترازوی- شرکت سارتریوس (Sartorius) آلمان مدل سی پی ۳۲٤ اس (CP324S) - با دقت ۰/۱ میلی گرم که حداکثر ظرفیت آن ۳۲۰ گرم بود استفاده شد.

د- دستگاه آزمایش ضربه:

از یک دستگاه آزمایش استاندارد ضربه به روش چارپی- شرکت هرمان پالسن (Hermann Paulsen) آلمان - جهت تعیین مقاومت به ضربه نمونه ها استفاده شد. این دستگاه، انرژی مصرف شده جهت شکستن قطعه را نشان می داد.

هـ- دستگاه سختی سنج:

از یک دستگاه سختی سنج استاندارد به روش ویکرز- شرکت ول پرت : جی ام بی اچ (Wolpert-GmbH) آلمان مدل دیا تستور (Dia-Testor) ۷۰۰- جهت تعیین سختی نمونه ها استفاده شد.

وـ کوره های حرارتی:

از دو کوره حرارتی لوله ای و مخزنی با ترموکوپل های نوع K که تا دمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شدند استفاده شد. کوره لوله‌ای با سه ترموکوپل دارای دو منطقهٔ حرارتی بود که در یک منطقه آن میزان حرارت و سرمایش قابل برنامه ریزی بود.

- روش آزمایش:

ابتدا ترکیب شیمیایی فولاد مورد مطالعه با دستگاه کوانتومترتعیین شد. نتایج در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است. سپس به ترتیب با روشهای زیر آزمایشها ادامه یافت:

الف- عملیات حرارتی:

عملیات حرارتی مختلف طبق موارد زیر و روشهای ذکر شده در جدول شمارهٔ ۲ انجام شد.

- روشها بر اساس این سه موضوع طراحی شد: افزایش مقاومت به سایش یا ضربه، امکان انجام عملیات در کارگاه تولید ابزار، و پر هزینه نبودن روشها.
- دماها، با توجه به دیاگرام آهن و کربن و دمای آستنیته شدن این فولاد ۷۷۰ درجه سانتیگراد [۳]- و نیز با توجه به زمان نگهداری در هر دما بر اساس ضخامت نمونه‌ها- ۱۰ میلیمتر- انتخاب شدند.
- هر شناسه پس از رسیدن دمای کوره به دمای مورد نظر، در کوره قرار می گرفت و زمان پس از رسیدن مجدد دمای کوره به دمای مورد نظر اندازه‌گیری می شد.
- در طول عملیات حرارتی هر شناسه، جهت جلوگیری از اکسید شدن سطح و کم شدن کربن سطحی در آتمسفر کوره، گاز آرگون با دبی دو لیتر بر دقیقه جریان داشت.

جدول شماره ۱- ترکیب شیمیایی فولاد CK۴۵

شماره استاندارد	علامت	C	Si	Mn	P	S
۱/۱۱۹۱	CK ٤٥	۰/٤٤	۰/۲٦	۰/۷٤	۰/۰۱	۰/۰۱

جدول شمارهٔ ۲- شرح عملیات حرارتی

شناسه	روش عملیات حرارتی
۱	در دمای ۷٤۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری، در آب کوئنچ و سپس در دمای ۲۲۵ درجه سانتیگراد یک ساعت بازگشت داده شد.
۲	در دمای ۷۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری، در آب کوئنچ و سپس در دمای ۲۲۵ درجه سانتیگراد یک ساعت بازگشت داده شد.
۳	در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد آستنیته، کوره خاموش و نمونه با کوره سرد شد.
٤	در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد آستنیته، به دمای ٦۰۰ درجه سانتیگراد کوئنچ ، ۲۰ دقیقه نگهداری سپس در هوا سرد شد.
٥	در دمای ۸۲۵ درجه سانتیگراد آستنیته و سپس در مسیر هوایی که با سرعت ٤ متر بر ثانیه جریان داشت قرار گرفت تا سرد شد.
٦	در دمای ۸۲۵ درجه سانتیگراد آستنیته و سپس در مسیر هوایی که حامل ذرات (پودری) آب بود و با سرعت ٦ متر بر ثانیه جریان داشت قرار گرفت تا سرد شد.
۷	در دمای ۸۲۵ درجه سانتیگراد آستنیته ، در آب کوئنچ و سپس در دمای ۲۲۵ درجه سانتیگراد یک ساعت بازگشت داده شد.

زمان نگهداری نمونه پس از رسیدن به دمای آستنیته شدن نیز ۲۰ دقیقه بود.
عملیات کوئنچ در دمای ٦۰۰ درجه سانتیگراد و نیز عملیات بازگشت، در نمک شامل ۵۰ درصد نیترات پتاسیم،۱۰ درصد نیترات سدیم، و ٤۰ درصد نیترید سدیم انجام شد [۳]. دمای ذوب نمک ۱۵۰ درجه سانتیگراد بود.

ب- روش تعیین سختی:

سختی سنجی در نمونه هایی که برای آزمایش سایش تهیه شده بود انجام شد، هر نمونه قبل از آزمایش یک سطح آن، به ترتیب با دو کاغذ سنباده (کاربید سیلیسیوم) به شماره های ٤۰۰ و ۸۰۰ صیقل حداقل در ٤ نقطه به روش ویکرز تعیین سختی شد [۲۰].

ج ـ روش تعیین مقاومت سایشی:

هر نمونه در سه مرحله با سه چرخ لاستیکی به ترتیب با سختی اسمی ۵۰، ٦۰ و ۷۰ دیورمتر شور آ، تحت آزمایش قرارگرفت. هر نمونه قبل از آزمایش و بعد از هر مرحله تمیز و با دقت ۰/۱ میلی گرم وزن می‌شد: همچنین سختی واقعی زهوارهٔ لاستیکی هر چرخ قبل از قرار گیری در دستگاه، حداقل در ٤ نقطه [۱۸] تعیین می‌شد. در هر مرحله، ابتدا چرخ لاستیکی و سپس نمونه در دستگاه قرار می گرفت؛ پس از ریختن شن و آب، دستگاه روشن و نمونه با چرخ لاستیکی آهسته تماس داده می شد؛ دور شمار راه‌اندازی و پس از رسیدن به مقدار پیش تنظیم و ۱۰۰۰ معادل ۵۵۸/٦ متر حرکت خطی) دستگاه خاموش می‌گردید. طبق استاندارد استفاده شده، ابتدا مقدار سایش بر اساس وزن کاهش یافته تعیین شد؛ سپس حجم کاهش یافته از تقسیم وزن کاهش یافته بر وزن مخصوص تعیین و مقاومت سایش از معکوس حجم کاهش یافته نمونه‌ها محاسبه شد.

د- روش تعیین انرژی شکست:

از هر شناسه، سه نمونه نیز برای آزمایش ضربه [۱۹] تهیه شد. قبل از آزمایش، سطح مقطع زیر شیار هر نمونه با کولیس اندازه‌گیری شد. نمونه در جای خود قرار می‌گرفت و پاندول دستگاه از پشت شیار به نمونه ضربه می‌زد. معیار مقاومت به ضربه (چقرمگی) - که مقدار انرژی لازم جهت شکستن نمونه است - مستقیماً از صفحهٔ دستگاه قرائت می‌شد. انرژی شکست از تقسیم انرژی قرائت شده بر سطح مقطع زیر شیار تعیین شد.

۵- یافته ها:

مشخصات نمونه اولیه در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول شمارهٔ ۳- مشخصات نمونه اولیه

چگالی (g/cm^3)	سختی (HV100)	مقاومت سایشی $\times(10^{-3}mm^{-3})$	انرژی شکست (J/cm^2)
۷/٦۷	۲٦۰	۷/۰٤	۵۰/۱

مقادیر سختی، مقاومت سایشی، و انرژی شکست هر شناسه در جدول شمارهٔ ٤ نشان داده شده است. هر عدد، میانگین مقدار اندازه‌گیری شده در سه آزمایش است.

به منظور بررسی تأثیر عملیات حرارتی بر تغییر ویژگیهای این فولاد، ضریب تغییرات هرکمیت (از تقسیم انحراف معیار بر میانگین) محاسبه شد که نتایج در جدول شمارهٔ ۵ نشان داده شده است.

چنانچه ملاحظه می شود تأثیر نوع عملیات حرارتی بر انرژی شکست بیش از دو ویژگی دیگر است لذا در مواردی که عملیات حرارتی به منظور افزایش مقاومت به ضربه انجام می‌شود انتخاب روش مناسب، اهمیت بیشتری دارد.

رابطهٔ رگرسیون خطی سختی و مقاومت سایشی در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است. چنانچه ملاحظه می شود عملیات حرارتی بر روی این فولاد، رابطه خطی خیلی خوب، با ضریب تعیین ۰/۹۷ بین سختی و مقاومت سایشی ایجاد می‌کند.

جدول شماره ۴- کمیتهای اندازه گیری شده

شناسه	سختی (HV100)	مقاومت سایشی $\times(10^{-3}mm^{-3})$	انرژی شکست (J/cm^2)
۱	۲۹۲/۵	۸/۸۸	٥٦
۲	۳۲۹	۹/۷۰	٥٧/٩
۳	۱۷۹	٦/۳٥	۹٥/۳
٤	۲۰٦	۷/٤۹	۹۷/٥
٥	۱۹۹	٦/٦۸	۹۷/۹
٦	۲۱۹	۷/۳۹	۸۹/۳
۷	۳٦۲/٥	۹/۹٤	۳۷/۹

بیشترین مقاومت به سایش را شناسه‌های ۷ و ۲ و بیشترین مقاومت به ضربه را شناسه‌های ٥ و ٤ نشان دادند شناسهٔ ۷ کمترین مقاومت به ضربه و شناسهٔ ٥ مقاومت به سایش کمی داشت.

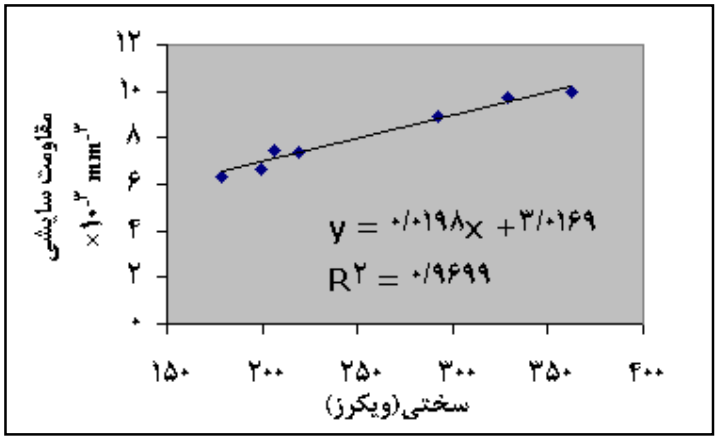
جدول شمارهٔ ٥- ضریب تغییرات شناسه های عملیات حرارتی شده

انرژی شکست	مقاومت سایشی	سختی	کمیت
۰/۳۲٥	۰/۱۷۹	۰/۲۸۱	ضریب تغییرات

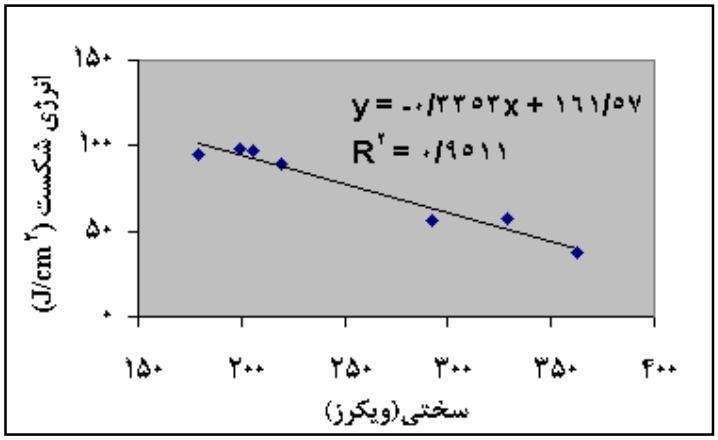
همچنین رابطهٔ رگرسیون خطی سختی و انرژی شکست در شکل شمارهٔ ۳ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که در نمونه های عملیات حرارتی شده این فولاد نیز بین سختی و انرژی شکست رابطهٔ خطی قابل قبول، با ضریب تعیین ۰/۹۵ وجود دارد.

روابط خطی بین سختی و مقاومت سایشی – با شیب مثبت – و بین سختی و انرژی شکست – با شیب منفی– نشان می‌دهد که افزایش سختی از لحاظ افزایش مقاومت به سایش مفید است اما باعث کاهش مقاومت به ضربه خواهد شد؛ از این رو در مطالعات مربوط به روشهای افزایش مقاومت به سایش ابزار خاک ورز باید به تأثیر روش بر مقاومت به ضربه نیز توجه داشت.

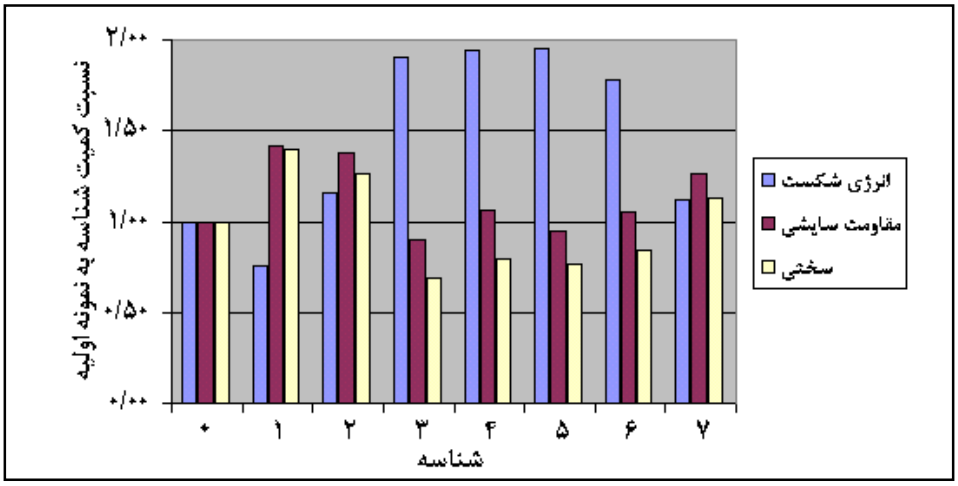
خواص هر شناسه نسبت به نمونه اولیهٔ طبق نمودار ستونی شکل شمارهٔ ٤ تغییر کرده است. در این نمودار شناسه صفر، نمونهٔ اولیه است و محور عمودی نسبت دو کمیت یکسان در هر شناسه، به نمونه اولیه نشان می‌دهد.



شکل شمارهٔ ۲- رابطهٔ سختی و مقاومت سایشی



شکل شمارهٔ ۳- رابطه سختی و انرژی شکست



شکل شمارهٔ ۴- تغییرات نسبی کمیتهای هر شناسه نسبت به نمونهٔ اولیه

از شکل شماره ٤ می‌توان نتیجه گرفت که نسبت نمونهٔ اولیه، در شناسه های ۱ و ۲ هر سه ویژگی افزایش یافته است لذا این دو شناسه خواص بهینه دارند. انرژی شکست در شناسه‌های ۳، ٤ و۵ نزدیک به دو برابر و مقاومت سایشی در شناسه های ۲ و ۷ نزدیک به ۱/۵ برابر شده است.

۶-کاوش:

نتایج این تحقیق نشان داد که:

الف- با عملیات حرارتی مختلف می‌توان ویژگیهای متفاوتی از مقاومت سایشی و انرژی شکست در این فولاد ایجاد کرد، در مناطقی که ابزار خاک‌ورز، زود ساییده می‌شوند شناسه های مقاوم تر به سایش و در مناطقی که ابزار در اثر شکستن از کار می افتند شناسه های با انرژی شکست بالاتر را باید انتخاب کرد. بنابراین تولید کننده می‌تواند با عملیات حرارتی مناسب روی قطعهٔ ساخته شده، خواص آن را برای کار در مناطق مختلف بهینه نماید.

ب- چون عملیات حرارتی روی این فولاد، روابط خطی خوبی بین سختی و مقاومت سایشی (شکل شمارهٔ ۲) و نیز سختی و انرژی شکست (شکل شمارهٔ ۳) ایجاد می کند و از طرف دیگر در فولادها سختی با مقاومت کششی رابطه مستقیم دارد. بنابراین سختی می‌تواند معیار خوبی جهت مقایسه و پیش بینی عملکرد ابزار خاک ورز باشد. ویژگی آزمایش سختی نسبت به سایر آزمایشهای مکانیکی آن است که نیاز به تهیهٔ نمونه ندارد و به راحتی و سرعت می‌توان روی ابزار آمادهٔ مصرف، سختی سنجی کرد.

ج- شناسهٔ ۲ به دلیل داشتن مقاومت سایشی بالا، خواص بهینه، و نیز عملیات حرارتی راحت (و ارزان) نسبت به سایر شناسه ها برتری دارد. از این رو، در حالت عمومی، شناسهٔ ۲ می‌تواند مناسب ترین انتخاب این فولاد برای ابزار خاک‌ورز باشد.

۷– توصیه و پیشنهاد:

الف– اگرچه، استفاده از این فولاد جهت تیغه‌های برش خاک که تحت سایش زیاد می باشند توصیه نمی شود، ولی استفاده از این فولاد در ساخت سایر قسمتهای ابزار خاک‌ورز، نظیر برگردان، پاشنهٔ گاوآهن، ماله، ساق وغیره به دلیل داشتن خواص بهینه، قیمت مناسب، و امکان ایجاد ویژگیهای خوب در اثر عملیات حرارتی آسان پیشنهاد می‌شود.

ب– در شرایط معمولی، عملیات حرارتی شناسهٔ ۲ می‌تواند مناسب ترین انتخاب این فولاد باشد.

ج– نوع عملیات حرارتی که روی شناسه‌های ۱ و ۲ انجام شده، از لحاظ متالوژی به دلیل آنکه ایجاد مقاومت به سایش بالا نموده است قابل اهمیت است که مقاومت به سایش را بالا برده است؛ در این دو عملیات حرارتی، فولاد در محدوده ۷۲۳ درجه سانتیگراد و دمای آستنیته شدن حرارت داده شده است. بنابراین ضمن آنکه استفاده از این شناسه‌ها در بخشهای مختلف کشاورزی و صنعت قابل توصیه است، مطالعهٔ تأثیر این نوع عملیات حرارتی بر سایش (خراشان) سایر فولادها پیشنهاد می‌شود.

۸– منابع:

۱- احمدی، ج.، منیر واقفی، م.، صالحی، م. و نیرومند، ب. ۱۳۸۲. بررسی رفتار سایشی خراشان سه جسمی فولاد یوتکتوئیدی. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی مهندسی سطح و عملیات حرارتی. تهران. ۲۴-۲۳ اردیبهشت۱۳۸۲. ۳۵۷-۳۴۹.

2- Avner, S. H. 1974. Introduction to physical metallurgy. 2nd Ed. NewYork: Mcgraw-Hill. U. S. A.

3- Chandler, H. 1998. Heat treater's guide, Practices and procedures for irons and steels. 2nd Ed. ASM International. U. S. A.

4- Chen, Y. T., Tong, J., Ren, L. Q., Chen, B. C., Ge, L. H. 1994. Abrasive wear behaviour of several soil adhesion reducing materials. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 10, 91-5.

5- Das, S., Prasad, B. K., Jha, A. K., Modi, O. P. and Yegneswaran, A. H. 1993. Three body abrasive wear of 0.98% carbon steel. Wear. 162-164, 802-810.

6- Davis, J. R. 2001. Surface engineering for corrosion and wear resistance. 2nd Ed. Ohio, ASM International. U. S. A.

7- Foley, A. G. 1984. Abrasive wear of cultivation equipment by soil. Soil and Water. 12: 2, 12-14.

8- Hutchings, I. M. 1992. Tribology: Friction and wear of engineering materials, 1st Ed. London, Edward Arnold. U. K.

9- Kepner, R. A., Bainer, R. and Barger, E. L. 1982. Principles of Farm machinery, 3rd Ed. Westport, AVI. U. S. A.

10- Khruschov, M. M. 1974. Priciples of abrasive wear. Wear. 28, 69-88.

11- McLees, V. A. and Chisholm, C. J. 1989. Hard materials for soil cutting edges. Assessment of different grades of tungsten carbide under field conditions. Divisional Note AFRC Institute of Engineering Research. UK. 1502: 1-24.

12- Packer, I. J. and Roberts, J. H. 1989. Tungsten carbide protection of tillage points. Agricultural Engineering Australia. 18, 123-32.

13- Polak, M., Bily, J. and Seckar, P. 1988. The effect of nitration on the resistance of mouldboards to abrasive wear. Zemedelska Technika. 34:9, 541-8.

14- Prasad, B. K. and Parsad, S. V. 1991. Abrasion induced microstructural changes during low stress abrasion of a plain carbon (0.5%) steel. Wear. 151, 1-12.

15- Rabinowicz, E. 1995. Friction and wear of materials, 2nd Ed. John Wiley and Sons. U. S. A.

16- Scheffler, O. and Allen, C. 1988. The abrasive wear of steels in South African soils. Tribology International. 21: 3, 127-135.

17- Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests, G105-89. Annual book of ASTM standards. 2002. Philadelphia. Vol 3.02, 443-451. U. S. A.

18- Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. D2240- 95. Annual book of ASTM standards. 1996. Philadelphia. Vol 9. 01, 403-406. U. S. A.

19- Test Method for Notched Bar Impact Testing for Mettalic Materials, E23 - 98. Annual book of ASTM standards. 1999. Philadelphia. Vol 3.01, 138-162. U. S. A.

20- Test Method for Vickers Hardness of Mettalic Materials, E92 – 82. 1997. Annual book of ASTM standards. 1999. Philadelphia. Vol 3. 01, 216-224. U. S. A.

21- Tian, Z. X., Sun, W. L., Shang, M. Y., Jiang, X. C., Han, W. X. and Wang, M. H. 1989. Application of boronizing technology on ploughshares and study on the abrasive wear characteristics under low stress of boronized layer. Potentialities of Agricultural Engineering in Rural Development. 248-9.

22- Wang, Y. and Lei, T. 1996. Wear behavior of steel 1080 with different microstructures during dry sliding. Wear. 194, 44-53.

23- Xu, B., Feng, C. M. and Song, Y. P. 1998. Experiment and study on improving the abrasive wear resistance of steel by re-chrome-boronizing. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 14: 3, 163-7.

24- Yu, H. J. and Bhole, S. D. 1990. Development of a prototype abrasive wear tester for tillage tool materials. Tribology International. 23: 5, 309-316.

25- Zhang, J. and Kushwaha, R. L. 1995. Wear and draft of cultivator sweeps with hardened edges. Canadian Agricultureal Engineering. 37: 1, 41-47.

Investigation on Plane Carbon Steel "CK45" for Using in Tillage Tools

M. Kasraee and A. Sabour Rooh Aghdam

The plain carbon steel "CK45" has relatively well mechanical and metallurgical properties and low cost. The purpose of this research was the property evaluation of this steel on abrasive wear and impact for using in plows and other tillage tools. Tillage tool should resist in abrasive wear and impact simultaneously. Several heat treatments were done on specimens of this steel. A standard test device for abrasive wear *"Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests, G105-89"* was made. This device and standard charpy test apparatus determined the abrasive and impact resistance, respectively. Results showed that the impact and abrasive resistance of this steel can be improved by simple heat treatment and used properly for tillage tools.

Key word: Abrasive wear, Heat Treatment, Impact Resistance, Plane Carbon Steen "CK45", Tillage Tools.