

نیترژن پذیری فولادهای گرمکار ۱,۲۳۶۷ و ۱,۲۶۷۸ به روش پلاسمائی

رضا جمالی*، فخرالدین اشرفی زاده** و عبدالحمید جعفری***

* کارشناس ارشد مهندسی متالورژی دانشگاه شهید باهنر کرمان

** استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان

*** استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از پوشش‌های محافظ سطحی با هدف افزایش استحکام و مقاومت سایشی فولادهای گرمکار، وسعت چشمگیری پیدا کرده است. فرایند نیتراسیون پلاسمائی از جمله عملیات ترموشیمیایی است که می‌توان از آن برای افزایش مقاومت به سایش، خستگی و خوردگی این دسته از فولادها استفاده کرد. در این مقاله با هدف بررسی نیترژن‌پذیری فولادهای ۱,۲۳۶۷ و ۱,۲۶۷۸ نمونه‌هایی از آنها در سیکلهای مختلف و به روش پلاسمائی نیتروره شده‌اند. به کمک منحنی‌های سختی و تصاویر میکروسکوپ نوری و الکترونی و همین‌طور آنالیز عنصری گرفته شده از سطح تا مغز نمونه‌ها به همراه آنالیز XRD لایه‌های سطحی، شرایط نفوذ نیترژن، ضخامت لایه‌های نیتروره و نوع ترکیبات در این لایه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با انجام آزمایشات مختلف، مشخص شد که با افزایش درصد عناصر آلیاژی در فولاد ۱,۲۶۷۸ علاوه بر افزایش سختی لایه‌های نیتروره، با کاهش ضریب نفوذ نیترژن، عمق نفوذ نیترژن نیز کاهش یافت و افزایش سختی تأثیر چندانی بر ضخامت لایه سفید نداشت.

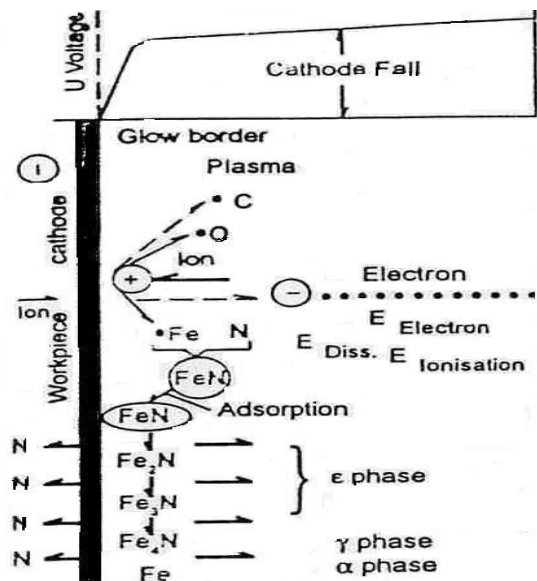
واژه‌های کلیدی

نیتراسیون پلاسمائی، فولادهای گرمکار، مقاومت به سایش، میکروسکوپ الکترونی، آنالیز XRD

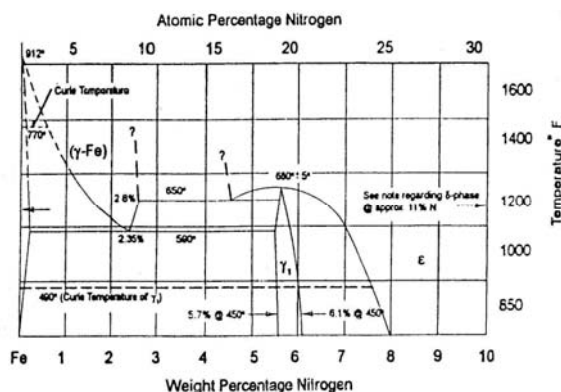
۱- مقدمه

افزایش داد[۱]. به کمک این روش، بدون کاهش چقرمگی مغز فولاد، می‌توان سختی سطح را تا ۱۲۰۰ ویکرز افزایش داد. پلاسمای گاز یونیزه شده به محیط حاوی ذرات باردار یون و الکترون گفته می‌شود که می‌توان آنرا با تخلیه الکتریکی در یک گاز کم فشار ایجاد کرد. در مرحله تخلیه نورانی این پلاسمای مخلوطی از N_2 ، H_2 با قرار دادن قطعه به صورت کاتد در دمای حدود $500^\circ C$ می‌توان اتمهای نیترژن را به داخل سطح فولاد نفوذ داد. ذرات یونیزه شده با انرژی سینتیکی بالا به سمت کاتد پرتاب شده، نیترژن را به داخل قطعه نفوذ خواهند داد[۲]. اتم‌های کوچک نیترژن می‌توانند به صورت بین‌نشینی، در زیر شبکه آهن قرار گیرد. با افزایش دما نه تنها سرعت نفوذ اتم‌های نیترژن به داخل ساختار کریستالی آهن زیادتر خواهد شد، بلکه

فولادهای ابزار گرمکار، با توجه به موارد کاربردشان، علاوه بر تحمل شرایط تنش شدید، نیاز به پایداری مناسب در دماهای بالا نیز دارند. لذا داشتن خواصی همچون چقرمگی و استحکام در دماهای بالا، پایداری آیلنیک، مقاومت سایشی گرم، هدایت حرارتی در دماهای بالا و نیز مقاومت به خستگی حرارتی برای آنها الزامی است. حصول ترکیب مناسبی از این خواص تنها با استفاده از روش‌های نوین سطحی امکان‌پذیر است. فرایند نیتراسیون پلاسمائی از جمله عملیات ترموشیمیایی است که به کمک آن می‌توان با حفظ استحکام و چقرمگی این فولادها، مقاومت به سایش و استحکام خستگی سطح آنها را



شکل (۱): فعل و انفعالات نیتراسیون پلاسمائی



شکل (۲): دیاگرام آهن-نیتروژن

قالبهای اکستروژن، فورج و قالب‌های ریخته‌گری تحت فشار به کار گرفت.

۲- روش تحقیق

فولادهای ۱,۲۳۶۷ و ۱,۲۶۷۸ که ترکیب آنها در جدول (۱) آمده، از پرمصرف‌ترین فولادهای گرمکار صنعتی به حساب می‌آیند. به منظور بررسی شرایط نیتراسیون پلاسمائی این فولادها، در ابتدا هشت نمونه فولادی از جنس ۱,۲۶۷۸ و شش نمونه از فولاد ۱,۲۳۶۷ با ابعاد $1 \times 1 \times 1$ سانتیمتر مطابق جدول (۲) کوئنچ و تمپر شده‌اند. قبل از شروع فرایند پوشش دهی، سطح

توانایی نیتروژن برای واکنش با عناصر نیتريدزای داخل فولاد نیز بیشتر می‌شود. رسوب این ذرات عامل اصلی افزایش مقاومت سایشی قطعات نیترووره است. مطابق شکل (۱)، فعل و انفعالات اساسی که در حین نیتراسیون پلاسمائی اتفاق می‌افتد، ضمن تخلیه الکتریکی و یونیزاسیون گازها، به شتاب یون‌ها به سمت کاتد و همچنین پراکنش آنها از سطح قطعه می‌انجامد. تولید و ترکیب دوباره پیوندهای شیمیایی با تخلیه انرژی سینتیکی یون‌ها در سطح به تشکیل متراکم مولکولهای Fe/N روی سطح کاتد انجامیده و شکسته شدن مولکولهای Fe/N باعث نفوذ نیتروژن اتمی به داخل قطعه می‌گردد [۳]. این روش در اکثر موارد باعث تولید یک لایه ترکیبی موسوم به لایه سفید بر روی سطح قطعه خواهد شد که عمدتاً شامل کربونیتروورها با ترکیب $Fe_x(NC)$ و نیتريدهای Fe_xN (γ') و (ϵ) است که در آن $2 < x < 3/2$ قابل تغییر می‌باشد. با توجه به منحنی فازي Fe-N (شکل ۲)، آهن و نیتروژن توانایی تشکیل ترکیبات FeN (ζ), Fe_2N (ζ'), Fe_3N (ϵ) و Fe_4N (γ') را دارند. در عمل به علت عدم وجود تعادل ترمودینامیکی در داخل سیستم، نمی‌توان انتظار داشت که تعداد این فازها کاملاً مطابق قانون فازي گیبس باشد. در اکثر موارد ترتیب زیر لایه‌های مختلف به صورت ($\epsilon + \gamma'$) و ($\zeta + \gamma'$) و یا (ϵ و γ' به تنهایی) می‌باشد [۲ و ۴]. ترکیب این فازها به عناصر آلیاژی فولاد، در صد کربن اولیه و اکتیویته نیتروژن بستگی دارد. در صورت ایجاد لایه تک فاز γ' روی سطح می‌توان به شرایط بهینه‌ای از مقاومت به سایش و انعطاف‌پذیری دست پیدا کرد. سختی لایه سفید در حدود ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ ویکرز است. با توجه به سختی بالایی که این لایه دارد، کنترل‌کننده مناسبی برای وضعیت سایشی و خوردگی لایه‌های سطح است. در لایه زیرین که به لایه نفوذی موسوم است، فولاد با نفوذ بین‌نشینی نیتروژن، به حالت فوق اشباع رسیده است. بیشتر بار وارده به قطعه توسط این قسمت تحمل می‌شود [۵ و ۴]. دما، زمان، ترکیب فولاد، نرخ و ترکیب گاز از عوامل مؤثر بر نرخ نیتراسیون پلاسمائی می‌باشند. با کنترل دقیق این پارامترها می‌توان این روش را به منظور افزایش راندمان قطعائی از قبیل

نیبال ۲ درصد اچ شدند. سختی لایه‌های نیتروره به کمک دستگاه سختی سنج میکرو ویکرز و با وزنه‌های ۱۰۰ گرمی اندازه‌گیری شد. به کمک تصاویر میکروسکوپ نوری و الکترونی و همین‌طور آنالیز عنصری و XRD از لایه‌های سطحی، وضعیت لایه‌های نیتروره و نوع ترکیبات آنها، مورد بررسی قرار گرفته و در انتها به کمک رسم منحنی‌های $\frac{d^2}{h} \frac{dm^2}{t}$ بر حسب $\frac{1000}{K} \frac{1}{T}$ ، مقایسه‌ای بین ضرایب نفوذ نیترورژن در فولاد مورد نظر انجام گرفته است.

۳- نتایج و مباحث

شکل‌های (۳ تا ۱۷) نشان دهنده نیترورژن‌پذیری فولادهای ۱,۲۳۶۷ و ۱,۲۶۷۸ می‌باشند. در این تصاویر دما و ترکیب فولاد بیشترین تأثیر را بر عمق و سختی لایه نفوذی داشته‌اند. با افزایش دما علاوه بر زیادتر شدن فعالیت نیترورژن در داخل پلاسمای دما، نمونه‌ها نیز افزایش یافته و باعث افزایش عمق نفوذ نیترورژن شده است. در شکل‌های (۳ تا ۹)، تغییر ضخامت لایه نفوذی در سیکل‌های مختلف برای هر دو فولاد آورده شده است. تأثیر دما بر ضخامت لایه نفوذی و رشد لایه سفید در فولادهای ۱,۲۳۶۷ و ۱,۲۶۷۸ به کمک منحنی‌های شکل‌های (۱۸ تا ۲۱) بیشتر مشخص شده است. در سیکل‌های (۱ و ۴)، با توجه به پایین بودن دما، نفوذ نیترورژن از بین موانعی همچون رسوبات نیتريدی و کاربیدی زمینه و مرز دانه‌ها، به کندی صورت گرفته است. عمق نفوذ کم و لایه نفوذی نازک در شکل‌های (۳ و ۴)، به همین علت است. با توجه به میل زیاد عناصری همچون کروم، مولیبدن، تنگستن و وانادیم به تشکیل ترکیبات نیتريدی و کاربیدی، وجود این عناصر و درصد کربن بالاتر در فولاد ۱,۲۶۷۸ علاوه بر تشکیل ذرات نیتريدی، احتمال رسوب کاربیدهای آلیاژی را نیز در مرزهای دانه افزایش داده و از آنجائیکه مرز دانه‌ها سریع‌ترین مسیر نفوذ نیترورژن به داخل فولاد به حساب می‌آیند، تشکیل این رسوبات در این نواحی، مطابق شکل‌های (۳ تا ۸)، تأثیر منفی بر نرخ نفوذ نیترورژن در فولاد ۱,۲۶۷۸ داشته و در سیکل‌های مشابه، باعث کاهش ضخامت لایه‌های نفوذی این فولاد، نسبت به فولاد



شکل (۴): نمونه ۱,۲۶۷۸ نیتروره به مدت ۱۲ ساعت در ۵۰۰°C



شکل (۳): نمونه ۱,۲۳۶۷ نیتروره به مدت ۱۲ ساعت در ۵۰۰°C



شکل (۶): نمونه ۱,۲۶۷۸ نیتروره به مدت ۱۲ ساعت در ۵۵۰°C



شکل (۵): نمونه ۱,۲۳۶۷ نیتروره به مدت ۱۲ ساعت در ۵۵۰°C



شکل (۸): نمونه ۱,۲۶۷۸ نیتروره به مدت ۱۲ ساعت در ۵۷۰°C



شکل (۷): نمونه ۱,۲۳۶۷ نیتروره به مدت ۱۲ ساعت در ۵۷۰°C

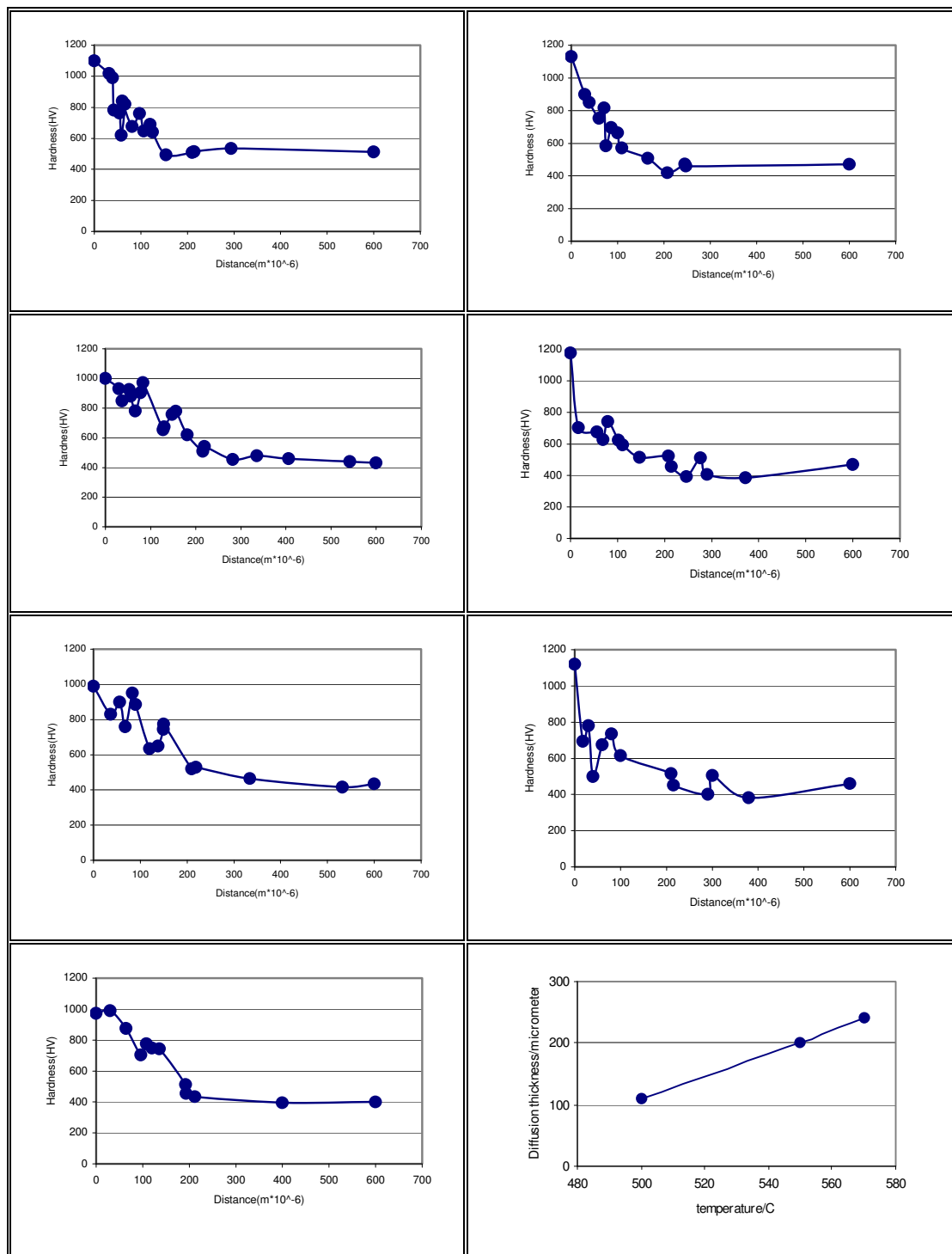


شکل (۱۰): غیر یکنواختی لایه نفوذی



شکل (۹): نمونه ۱,۲۶۷۸ نیتروره به مدت ۱۸ ساعت در ۵۵۰°C

نمونه‌ها به روش دستی و با سنبادهای ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ صیقلی و با استفاده از پودر آلومینای ۱ میکرونی کاملاً آینه‌ای شدند. بعد از اتمام آماده‌سازی، نمونه‌ها در مرکز پژوهش و مهندسی سطح ایران، تحت سیکل‌های مختلفی، مطابق جدول (۳)، به روش پلاسمائی نیتروره شدند. برای حفاظت از لایه‌های سطحی، قبل از برشکاری، نمونه‌ها مانت شده و بعد از پولیش مجدد، با محلول



تیغه‌های مارتنزیتی درون دانه‌ای، مکانهای پرانرژی زمینه‌های کوئنچ و تمپر شده‌اند. مطابق شکل (۲۲)، در دمای ۵۰۰°C، پخش یک‌نواخت رسوبات ریز در زمینه فولادی و مرز دانه‌ها را

۱,۲۳۶۷ شده است [۷۶]. در سیکلهای مختلف، تغییرات دما باعث تغییر در اندازه و نحوه پخش رسوبات نیتریدی نیز شده است. مرز دانه‌ها و

واکنش از راست به چپ منحرف شده و سرعت تشکیل لایه سفید کاهش یافته است. کربن نیز تأثیر مشابهی بر واکنش بالا داشته است. کربن به جای واکنش با نیتروزن می‌تواند با آهن ترکیب شده و با مصرف آهن، واکنش را به سمت چپ منحرف کند [۴۳]. مطابق جدول (۳)، عناصر آلیاژی تأثیر چندانی بر ضخامت لایه سفید نداشته و با افزایش آنها، تنها زمان تشکیل این لایه به تعویق افتاده است. مطابق نتایج به دست آمده، در دمای ثابت، حداکثر ضخامت لایه سفید تشکیل شده بر سطح فولاد ۱,۲۶۷۸ در مقایسه با فولاد ۱,۲۳۶۷ تفاوت چندانی نداشته، ولی زمان تشکیل این لایه در نمونه‌های ۱,۲۳۶۷ کوتاه‌تر از نمونه‌های ۱,۲۶۷۸ بوده است. در دمای ۵۵۰°C، بعد از ۱۲ ساعت، لایه سفید ۲ میکرونی بر روی نمونه‌های ۱,۲۳۶۷ تشکیل شده، در حالی که برای رسیدن به همین ضخامت در نمونه‌های ۱,۲۶۷۸ زمان ۱۸ ساعت مصرف شده است. نتایج آزمایش XRD نمونه‌های ۱,۲۳۶۷ نیتروره شده در سیکل‌های (۳ و ۲) در شکل‌های (۲۴ تا ۲۶) آورده شده است. در شکل (۲۴) که مربوط به سیکل (۱) می‌باشد، $Fe_4N(\gamma)$ جزء اصلی لایه ترکیبی است ولی در شکل‌های (۲۵ و ۲۶) با افزایش دما به تدریج درصد $Fe_3N(\epsilon)$ در لایه ترکیبی زیادتر شده است. با توجه به تردی زیاد $Fe_3N(\epsilon)$ در مقایسه با $Fe_4N(\gamma)$ ، مقاومت سایشی نمونه‌ها در دمای ۵۷۰°C کمتر از دمای ۵۰۰°C خواهد بود. در چنین شرایطی ممکن است اثر مثبت ضخیم بودن لایه نفوذی در افزایش ظرفیت تحمل بار قطعه، با تأثیر منفی لایه $Fe_3N(\epsilon)$ بر مقاومت سایشی، خنثی شود [۹ و ۱۰]. با مقایسه شدت پیک‌های مربوط به عناصر آلیاژی در شکل‌های (۲۷ و ۲۸)، مشخص شد که در دمای ۵۵۰°C، درصد بیشتری از عناصر آلیاژی لایه‌های سطحی از حالت آزاد خارج شده و به ترکیبات سخت نیتریدی تبدیل شده‌اند. مطابق شکل (۲۷)، کاهش شدت پیک‌های آهن نیز می‌تواند نشان دهنده نفوذ بیشتر نیتروزن به داخل نمونه‌ها باشد. زمان نیتراسیون نیز تأثیر مشابهی بر لایه ترکیبی دارد. مطابق جدول (۳) با افزایش زمان نیتراسیون پلاسمائی، از ۱۲ ساعت به ۱۸ ساعت، ضخامت این لایه در نمونه‌های ۱,۲۶۷۸ افزایش

شاهدیم. در حالی که با افزایش دما در ۵۵۰°C، در شکل (۲۳)، علاوه بر درشت‌تر شدن رسوبات و تجمع بیشتر آنها در مرز دانه‌ها، رسوب ذرات نیتریدی بر روی تیغه‌های مارتزیتی درون دانه‌ها نیز قابل مشاهده است [۴۲]. درشت‌تر شدن رسوبات و کاهش تراکم آنها، دلیلی بر سختی زیاد نمونه‌های ۱,۲۳۶۷ و ۱,۲۶۷۸ در دمای ۵۰۰°C و کاهش سختی در دماهای ۵۵۰ و ۵۷۰°C بوده است. شکل‌های (۱۱ تا ۱۷) تغییرات سختی لایه‌های نیتروره در سیکل‌های مختلف، برای هر دو فولاد را نشان می‌دهد. با توجه به آلیاژی بودن هر دو فولاد، مکانیزم افزایش سختی، شکل‌گیری و پخش یکنواخت رسوبات ریز نیتریدی است [۳۱]. درصد عناصر نیتریدزای بیشتر فولاد ۱,۲۶۷۸ و تشکیل رسوبات نیتریدی بیشتر و تراکم آنها در لایه‌های سطحی عامل افزایش بیشتر سختی نمونه‌های ۱,۲۶۷۸ بوده است. در اکثر موارد با افزایش کربن در فولاد، درصد کاربیدهای آلیاژی بالا رفته و عناصر نیتریدزای بیشتری مصرف خواهند شد که این امر به کاهش حداکثر سختی نمونه‌ها منجر می‌شود. البته مطابق شکل‌های (۱۱ تا ۱۷)، زیادتر بودن کربن فولاد ۱,۲۶۷۸ با توجه به درصد عناصر آلیاژی بالاتر آن، باعث افت سختی در این نمونه‌ها نشده است. در جدول (۳)، سختی سطح نمونه‌ها، به عنوان سختی لایه سفید در نظر گرفته شده است. در شکل‌های میکروسکوپی نمونه‌های نیتروره شده در سیکل‌های (۱ و ۴) لایه سفیدی دیده نشده است. سختی سطح بالای این نمونه‌ها را می‌توان به تجمع رسوبات بسیار ریز نیتریدی بر روی سطح آنها نسبت داد [۹ و ۱۰]. تأثیر دما بر ضخامت لایه سفید، مشابه لایه نفوذی بوده است. مطابق شکل‌های (۲۰ و ۲۱)، با افزایش دما، ضخامت این لایه با مکانیزمی شبیه به لایه نفوذی رشد کرده است. در دمای انجام واکنش (۱)، هر عاملی که باعث انحراف واکنش به سمت راست شود، می‌تواند سرعت تشکیل لایه سفید را افزایش و هر پارامتری که نیتروزن و آهن را در طرف چپ واکنش مصرف کند، سرعت تشکیل لایه سفید را کاهش خواهد داد. درصد بالاتر عناصر آلیاژی در فولاد ۱,۲۶۷۸ باعث واکنش بیشتر این عناصر با نیتروزن شده و برای جبران آن،

۴- نتیجه گیری

با اعمال نیتراسیون پلاسمایی بر روی فولادهای گرمکار با حفظ استحکام و تافنس زمینه فولاد، سختی و مقاومت به سایش سطح آن بالا می‌رود. مکانیزم افزایش سختی در فولادهای ۱,۲۶۷۸ و ۱,۲۳۶۷ شکل‌گیری و پخش یکنواخت نیتrideهای عناصر آلیاژی است. با افزایش دما نفوذ نیتروژن به داخل فولاد راحت‌تر شده، ضخامت لایه نفوذی و سفید افزایش می‌یابد و به موازات آن با کاهش درصد عناصر آلیاژی آزاد زمینه و تجمع و درشت‌تر شدن رسوبات نیتrideی، سختی این لایه‌ها کمتر می‌شود. در دماهای بالا علاوه بر رسوب مرز دانه‌ای، که بیشتر در دماهای پایین دیده می‌شود، شاهد رسوب بر روی تیغه‌های مارتنزیتی درون دانه‌ای نیز خواهیم بود. با افزایش درصد عناصر آلیاژی، تجمع رسوبات در مرزهای دانه باعث کاهش ضخامت لایه نفوذی و افزایش سختی خواهد شد. علاوه بر این با افزایش این عناصر ضریب نفوذ نیتروژن به داخل فولاد نیز کمتر خواهد شد. بر خلاف لایه نفوذی، افزایش عناصر آلیاژی تأثیر چندانی بر ضخامت لایه سفید نداشته و تنها زمان تشکیل آن را به تعویق می‌اندازد. با افزایش دما به تدریج درصد $Fe_3N(\varepsilon)$ در لایه سطحی زیادتر شده، در صورت نیاز به عمق‌های نفوذ بالا، با توجه به تردی زیاد $Fe_3N(\varepsilon)$ بهتر است این لایه به روش‌های مکانیکی حذف شود.

۵- تشکر و قدر دانی

جا دارد که از همکاری و مساعدت مدیریت محترم شرکت مس شهید باهنر کرمان، جناب آقای مهندس عباسی و همچنین از آقایان مهندس علی نقی‌پور، دهاقین و ابراهیمیان به خاطر محبت‌های وصف ناپذیرشان در ارائه این کار کمال تشکر به عمل آید.

یافته‌است. در دماهای نیتراسیون پلاسمایی بکار رفته در این پروژه، که همگی زیر دمای تمپر نمونه‌ها هستند، انتظار تغییرات قابل توجه سختی نمی‌رود. ولی از آنجا که نمونه‌ها مدت زمان طولانی در دمای نیتراسیون نگه‌داشته شده‌اند، بعد از مدتی سختی زمینه فولادها به مقدار ناچیزی افت کرده است. با توجه به جدول (۳)، می‌توان به ثبات بیشتر سختی زمینه در فولاد ۱,۲۶۷۸ پی برد. این امر به درصد بالای عنصر کبالت در ترکیب این فولاد برمی‌گردد. این عنصر با کاهش انرژی نقص در چیده شدن زمینه، لغزش مقاطع نایجانهای جزئی، را مشکلتر کرده، در نتیجه باعث حفظ سختی و استحکام زمینه فولاد در دماهای بالا خواهد شد [۴۰]. با هدف مقایسه ضریب نفوذ نیتروژن در فولادهای ۱,۲۳۷۸ و ۱,۲۶۷۸ شکل‌های (۲۹ و ۳۰) که در آنها محور عمودی $\frac{d^2}{t}$ ($\frac{\mu m^2}{h}$) و محور افقی $\frac{1000}{T}$ ($\frac{1}{K}$) می‌باشد، در دماهای مختلف رسم شده‌اند. برای محاسبه ضریب نفوذ از روابط (۴ تا ۲) کمک گرفته شده است. در این روابط D ضریب نفوذ نیتروژن در فولاد، d عمق نفوذ، t زمان، D_0 فاکتور فرکانس مستقل از دما، E انرژی اکتیواسیون، K ثابت بولتزمن و M شیب شکل $\left(\frac{d^2}{t}\right)$ بر حسب $\left(\frac{1000}{T}\right)$ می‌باشد. با مشتق‌گیری از روابط (۳ و ۴) می‌توان به روابط (۵ و ۶) رسید. رابطه (۷) از مساوی قرار دادن روابط (۵ و ۶) بدست آمده است. با توجه به رابطه (۳) و منفی بودن M به رابطه (۸) خواهیم رسید. در رابطه (۸) ضریب نفوذ (D) با شیب شکل (M) رابطه مستقیم دارد. شیب شکل‌های (۲۹ و ۳۰) به ترتیب ۱۵۲۰۰ و ۱۳۶۰۰ بوده است. شیب بیشتر شکل (۲۹)، نشان‌دهنده ضریب نفوذ بیشتر نیتروژن در فولاد ۱,۲۳۷۸ بوده است. درصد بالاتر عناصر آلیاژی فولاد ۱,۲۶۷۸ دلیل خوبی برای کاهش شیب شکل $\left(\frac{d^2}{t}\right)$ بر حسب $\left(\frac{1000}{T}\right)$ و کاهش ضریب نفوذ نیتروژن است [۱۰]. عدم یکنواختی ضخامت لایه نفوذی در شکل (۱۰) به علت یکسان نبودن هاله پلاسمای و تفاوت در نوع ساختار متالوگرافی در این مناطق بوده است. انتخاب نادرست پارامترهای نیتراسیون پلاسمایی خصوصاً فشار، باعث ایجاد چنین عیوبی در نمونه‌ها شده است [۵۲].

۶- مراجع

۷- ضمیمه: فرمولها و روابط ریاضی

- (۱) $Fe + N \xrightarrow{T} FeN, Fe_2N, Fe_3N, Fe_4N$
- (۲) $D = \frac{d^2}{t}$
- (۳) $D = D_o \exp\left(-\frac{E}{KT}\right)$
- (۴) $D = 1000M/T$
- (۵) $D = \frac{1000}{T} M \Rightarrow \frac{dD}{dT} = \frac{-1000M}{T^2}$
- (۶) $D = D_o \exp\left(\frac{-E}{KT}\right) \Rightarrow \frac{dD}{dT} = \frac{D.E}{KT^2} \exp\left(\frac{-E}{KT}\right)$
- (۷) $\frac{-1000MK}{E} = D_o \exp\left(\frac{-E}{KT}\right)$
- (۸) $D = \frac{1000MK}{E}$
- [۱] *Handbook of Heat Treatment of Steel (1998): ion nitriding. 230-260.*
- [۲] *U. Huchel et al. (1995): plasma nitriding in comparison with gas nitriding.*
- [۳] *M. Berg. (2000): on plasma nitriding of steels. surface and coating technology. pp 2-5.*
- [۴] *E. J. Miola. (1999): nitriding of H12 tool steel by direct current and pulsed plasma. surface and coating technology. pp 347-351.*
- [۵] *V. I. Dimitrov. (1999): modeling of nitride layer formation during plasma nitriding of iron. computational materials science. 22-34.*
- [۶] *Y. Yang. (1996): a study on wear resistance of the white layer. tribology international volume 29 number 5. 425-428.*
- [۷] *T. Czerwec. (2000): low temperature plasma assisted nitriding. surface and coating technology. 267-277.*
- [۸] *M. P. Fewell. (2000): nitriding at low temperature. surface and coating technology. pp 284-290.*
- [۹] *X. Tong et al. (1995): the effect of epsilon phase on the friction and wear of nitrided die steels. heat treatment and surface engineering. 600-606.*
- [۱۰] *B. Skoric et al. (1998): influence of plasma nitriding on mechanical and tribological properties of steel. thin solid films. 486-489.*

دستور العمل نحوه تهیه مقاله جهت چاپ در مجله علمی تخصصی مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی مجلسی

نام و نام خانوادگی نویسنده اول*، نام و نام خانوادگی نویسنده دوم** و نام و نام خانوادگی نویسنده سوم***
* سمت یا مرتبه علمی نویسنده اصلی مقاله به عنوان مثال عضو هیات علمی گروه مواد دانشگاه آزاد اسلامی مجلسی
** سمت یا مرتبه علمی نویسنده دوم
*** سمت یا مرتبه علمی نویسندگان دیگر

چکیده

در این مقاله‌ی نمونه، روش تهیه مقاله، قسمت‌ها و بخش‌های مختلف آن، انواع قلم‌ها و اندازه آن‌ها که در تهیه یک مقاله برای «مجله علمی و پژوهشی مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی مجلسی» به کار می‌روند، آمده است. کلیه شیوه (Style)های مورد نیاز برای بخش‌های مختلف مقاله، مانند عنوان، نام مؤلفان، چکیده و متن، از پیش تعریف شده و تنها کافی است که این روش‌ها، بر مقاله تهیه شده توسط مؤلف تطبیق داده شوند. یادآور می‌شود، مدیریت مجله از چاپ مقالاتی که خارج از روش ارائه شده در این شیوه نامه تهیه شده باشند، معذور است. چکیده باید طی یک یا دو پاراگراف و حداکثر ۲۰۰ کلمه به طور صریح موضوع و نتایج پژوهش انجام شده را مطرح کند؛ یعنی بیان کند که چه کاری، چگونه و به چه منظور انجام شده و چه نتیجه‌ای حاصل شده است. در چکیده نباید هیچ گونه جزئیات، جدول، شکل یا فرمولی را درج کرد.

واژه‌های کلیدی

حداکثر پنج واژه یک یا چند کلمه ای که موضوعات اصلی، فرعی و سایر موضوعات مرتبط با مقاله را دسته‌بندی می‌کنند، به عنوان واژه های کلیدی انتخاب شوند.

۱- مقدمه

استفاده از آنها به سرعت فایل مقاله خود را با شیوه مورد نظر تطبیق دهند. این کار با استفاده از ابزارهای Copy | Past و Format Painter در این نرم افزار به سادگی انجام پذیر است. چنانچه به هر دلیل نتوانید از این نمونه مقاله به عنوان الگو (Template) استفاده کنید، به موارد زیر توجه نمایید:
اندازه صفحات باید ۲۱/۸ در ۲۸/۸ و اندازه حاشیه از بالا، پایین، چپ و راست صفحات برابر با ۲/۵ سانتی متر انتخاب شود.
مقالات به صورت دو ستونی، هر یک با عرض ۷/۹ سانتی متر تهیه می شود و فاصله دستون mm ۱۰ خواهد بود.

نوشتار حاضر روش آماده کردن مقالات علمی و پژوهشی را توضیح می دهد که به منظور چاپ در مجله علمی تخصصی مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی مجلسی داوری و پذیرفته شده‌اند. این شیوه نامه براساس برخی از قابلیت های موجود در نرم افزار Microsoft-Word تهیه شده است. نکته مهمی که لازم است برای تهیه نسخه آماده به چاپ مورد توجه قرار گیرد این است که شیوه (Style) های مورد نیاز برای کلیه قسمت‌های مقاله، در این نمونه مقاله تعریف شده‌اند و مؤلفان می توانند با

جدول (۱): اندازه و نوع قلم ها

اندازه قلم	نام قلم	موقعیت استفاده
۱۰	بی زر	متن جداول و شکل ها و مراجع
۱۰	بی زر پررنگ	عناوین جداول و اشکال
۱۲	بی زر	متن
۱۳	بی زر پررنگ	عناوین چکیده و کلمات کلیدی
۱۲	بی زر	نام مؤلفان
۱۲	بی زر پررنگ	عناوین بخش ها
۱۸	بی زر پررنگ	عنوان مقاله

در انتهای صفحه مربوطه آورده شوند.

عناوین بخش ها با قلم بی زرپررنگ ۱۲ و زیر بخش های بعدی به ترتیب با همان قلم در یک اندازه کوچک تر نوشته شوند؛ مانند:

قلم و اندازه ی عنوان چکیده

به تقسیم بندی شماره گذاری شده کلی، بیش از سطح سوم در متن نیازی نخواهد بود. با این حال، می توان از شماره گذاری معمولی مانند آنچه در بخش [۰] می آید، یا علامت گذاری به شیوه ای که در بخش [۱- مقدمه] گذشت، استفاده نمود. سایر انواع شماره گذاری و نحوه ارجاعات در بخش [۵-] توضیح داده خواهد شد.

ویژگی های مقدمه

در مقدمه پس از عنوان کردن کلیات موضوع مورد بحث، ابتدا خلاصه ای از تاریخچه موضوع و کارهای انجام شده به همراه ویژگی های آن کارها بیان می شود. در ادامه، تلاشی که در مقاله و در تبیین کار انجام شده برای رفع کاستی های موجود، گشودن گره ها یا حرکت به سمت یافته های نو صورت گرفته است، در یکی دو پاراگراف توضیح داده می شود.

ویژگی های متن

مطالب اصلی که در این بخش درج می شوند، باید شامل

اندازه و نوع قلم های فارسی مورد استفاده، برای هر یک از موارد در جدول (۱) آمده است.

برای قلم لاتین همواره از Times New Roman استفاده می شود که اندازه آن همواره (به غیر از عنوان و چکیده) یک واحد کمتر از اندازه قلم فارسی در هر موقعیت مورد استفاده خواهد بود.

فاصله سطرها در عنوان و چکیده، معمولی (Single) و در متن مقاله، ۰/۹۵ برابر فاصله ی معمول است.

عنوان مقاله که در عین اختصار تمام ویژگی های کار انجام شده را مشخص می کند، با قلم «بی زر» به اندازه ۱۸ پررنگ نوشته شود.

نشانی کامل نویسندگان شامل محل کار و پست الکترونیک در صفحه اول زیر نام نویسندگان و قبل از چکیده نوشته می شود. مشخصات انگلیسی مؤلفان مقاله هم زیر اسامی آنان و پیش از چکیده انگلیسی درج شود.

عنوان مقاله به زبان انگلیسی نیز باید با شیوه تعریف شده در این الگو مشخص و درج شود.

تهیه و درج چکیده به زبان انگلیسی نیز ضروری است.

بند (پاراگراف) ها با ۷۵ میلی متر تورفتگی (Indent) نوشته می شوند. علاوه بر اولین بند از مقاله، چنانچه جدول، شکل و یا به خصوص عبارتی ریاضی در ابتدای یک بند قرار گیرد، قسمت بعد از آن جدول یا شکل یا رابطه ریاضی نباید با تورفتگی همراه شود.

از Header and footer استفاده نشود. و شماره صفحه به صورت وسط چین در پایین صفحه قرار گیرد.

۲- تقسیمات مقاله

هر مقاله باید شامل بخش های اصلی زیر باشد:

مقدمه، متن، نتیجه و در نهایت مراجع.

سایر قسمت ها شامل تقدیر و تشکر، نمادگذاری ها و دیگر ضمایم همگی در انتهای مقاله، بعد از نتیجه گیری و قبل از مراجع قرار می گیرند. همچنین در صورت وجود، زیرنویس ها

۳- قواعد نوشتاری

شیوایی و رسایی نوشتار در گرو ساده نویسی است. بهتر است تلاش شود از جملات رسا، گویا و در حد امکان کوتاه استفاده شود. جداسازی اجزای مختلف متن یک بخش با استفاده از پاراگراف بندی نیز کمک زیادی به روانی و سادگی فهم مطلب می‌کند. بند (پاراگراف)‌های طولانی نیز مانند جملات طولانی می‌توانند، خسته کننده بوده، خواننده را سردرگم کنند. یک بند نمی‌تواند بیش از ۱۰ تا ۱۵ سطر از یک ستون را به خود اختصاص دهد.

تاجای ممکن از به کارگیری کلمات «می‌باشد»، «گردید»، «بوده باشد» و مانند آن‌ها که تکلف آور، یا غلط مصطلح و یا غیر شیوا هستند، اجتناب شود. کلمات روان و ساده مانند «است» و «شد» می‌توانند اغلب مفاهیم را به راحتی منتقل کنند. استفاده از کلمات دشوار و غیر معمول چنانچه دلیل توجیهی روشنی وجود نداشته باشد، موجب پیچیده شدن و ایجاد اشکال در فهم خواننده خواهد بود.

در حد امکان سعی شود برای کلمات غیرفارسی از معادل‌های فارسی استفاده شود، به ویژه در مواردی که معادل فارسی مصطلح و مفهوم است. برای مثال استفاده از ترکیب «لذا» به جای «برای همین» یا «به همین دلیل» توجیهی ندارد. همین‌طور، عبارت «درجهت» نمی‌تواند جایگزین خوبی برای کلمه روانی مثل «برای» باشد.

برای لغات فنی نیز تا آنجا که ممکن است همین الگو پیاده شود. بدون تردید کلمه «پردازش» زیباتر از «پروسس» و معادل فارسی «ریزپردازنده» مناسب‌تر از «میکروپروسسور» است. در این گونه موارد چنانچه احتمال عدم آشنایی خواننده با معادل فارسی وجود داشته یا اصطلاح غیرفارسی معمول‌تر است، لازم است در اولین کاربرد کلمه فارسی، منشأ غیرفارسی آن به صورت زیر نویس و یا اگر تعداد این موارد اندک است، داخل هلالین (Parentheses) و در مقابل آن کلمه آورده شود.

تعریف مفاهیم مورد نیاز، طرح مسأله و راه حل ارائه شده باشند. شکل‌ها، جداول و روابط ریاضی به کار رفته در متن همگی مربوط به متن بوده و در متن از آنها استفاده شده و توضیح داده شده باشند.

در نوشتن متن تلاش شود تنها به موضوع اصلی مقاله پرداخته شود تا ذهن خواننده از انحراف نسبت به سلسله مطالب مصون بماند. تمام جملات دست کم یک بار مرور شوند تا از کامل بودن و صحت آن‌ها از نظر دستور زبان فارسی اطمینان حاصل شود. دقت شود که جملات یک بند (پاراگراف) سلسله وار به هم مربوط بوده، یک موضوع را دنبال کنند.

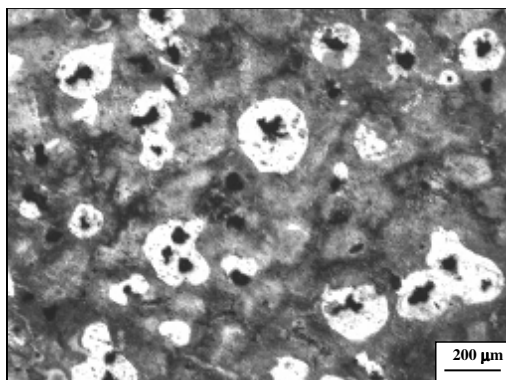
ویژگی‌های نتیجه

در این بخش، نکات مهم در کار انجام شده به طور خلاصه مرور شده و نتایج برگرفته از آن توضیح داده می‌شود. سهم علمی مقاله (Contribution to Knowledge) باید در بخش نتیجه مورد تصریح واقع شود. هرگز عین مطالب چکیده در این بخش آورده نشود. بخش نتیجه می‌تواند به کاربردهای پژوهش انجام شده اشاره کند، نکات مبهم و قابل پژوهش جدید را مطرح کند، و یا گسترش موضوع بحث را به زمینه‌های دیگر پیشنهاد دهد.

ویژگی‌های مراجع

مراجع به ترتیب شماره در متن مرتب شده و در انتهای مقاله آورده شوند. دقت شود که تمام مراجع در متن مورد ارجاع واقع شده باشند. مثال‌های مندرج در انتهای این مقاله نمونه، برای حالات زیر و برای هر دو زبان فارسی و انگلیسی در نظر گرفته شده‌اند:

- کتاب‌ها
 - پایان نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی
 - مقالات مندرج در مجلات و همایش‌ها
- قلم در نظر گرفته شده برای نوشتن مراجع، مانند متن جداول و شکل‌ها، بی‌زر ۹ است. تنها عنوان کتاب‌ها یا مقالات پررنگ نوشته شوند. برای عناوین مراجع انگلیسی به جای پررنگ نوشتن از قلم کج (*Italic*) استفاده شود.



شکل (۱): تصویر SEM از سطح فوقانی پودر آهن زینتر شده

املا

درستی نوشتار بر اساس قواعد املائی فارسی ضروری است. در اینجا به عنوان مواردی که اشتباه در آن زیاد اتفاق می افتد، به چند مورد اشاره می شود. لازم است با مراجعه به کتاب‌های موجود در این زمینه، به این موضوع دقت کافی مبذول شود.

در افعال مضارع و ماضی استمراری که با «می» شروع می شوند، دقت شود که درعین جدا نوشتن، از جزء دیگر فعل جدا نیفتند. برای این منظور باید از «فاصله متصل» استفاده شود. همین طور، در نوشتن «ها»ی جمع، آن را از کلمه جمع بسته شده جدا می نویسیم؛ مگر در کلمات فارسی تک هجایی مانند «آنها» که از شیوه متصل نویسی استفاده می شود.

بهرتر است همواره حرف اضافه «به» از کلمه بعدی خود جدا نوشته شود، مگر آنکه این حرف جزء یک فعل یا صفت یا قید باشد؛ مانند: «بکار بستن»، «بجا» و «بندرت».

کلمات فارسی یا لاتین نباید با قواعد عربی جمع بسته شوند؛ پس «پیشنهادها» صحیح و «پیشنهادات» اشتباه است.

در مورد کلمات حاوی همزه قواعدی وجود دارد که در این مقاله نمی گنجد، اما برای نمونه به املائی کلمات «مسأله»، «مسؤول» و «منشأ» دقت شود. همچنین، همزه در انتهای کلماتی که به الف ختم می شوند، نوشته نمی شود و در صورت اضافه شدن به کلمه بعدی از «ی» استفاده می شود: «الفا شده»، «بالایی» و «اجرای برنامه».

اگر ناچار باید کلمات انگلیسی در لابه لای جملات گنجانده شوند، فاصله کافی بین آنها و کلمات فارسی در نظر گرفته شود. چنانچه در مقاله از مختصر نویسی (Abbreviation) استفاده شود، لازم است در اولین استفاده تفصیل آن خلاصه نویسی توضیح داده شود.

علامت گذاری

در کاربرد هلالین باید توجه شود که عبارت داخل آن برای توضیحی است که از اجزای جمله محسوب نشده و در صورت حذف خللی به آن وارد نمی شود. در مقابل، گیومه برای برجسته کردن جزئی از جمله به کار می رود.

هلالین (Parentheses) و قلاب‌ها [Brackets]، ابروها {Accolades} و گیومه‌ها «Quotations» باید به کلمات داخل خود متصل بوده و از کلمات قبل و بعد از بیرون آن، به اندازه یک حرف فاصله داشته باشند.

خطوط تیره (Hyphen) همواره از کلمات قبل و بعد خود یک حرف فاصله داشته باشند، مگر آنکه قبل یا بعد آن ها عدد باشد که باید به آن بچسبند.

دقت شود که تمام نقاط آخر جملات، دونقطه، ویرگول (کاما) و ویرگول نقطه، باید به کلمه قبل از خود بچسبند و از کلمه بعدی فقط یک حرف فاصله بگیرند. ویرگول می تواند اجزای یک جمله را درجایی که نیاز به مکث هست، از هم جدا کند؛ حال آنکه ویرگول نقطه برای جداسازی دوجمله که با هم ارتباط معنایی دارند، به کار می رود.

درجایی که نیاز به یک حرف فاصله‌ی خالی بین کلمات وجود ندارد، از آن استفاده نشود؛ مگر آنکه کلمات درهم رفته و خوانایی جمله یا عبارت کاهش یابد؛ مانند وقتی که دو حرف یکسان از انتهای یک کلمه و ابتدای کلمه بعدی به دنبال هم قرار می گیرند، مثل: «با استفاده».

رعایت فاصله بین کلمات فارسی ضروری بوده و عدم رعایت، سبب غلط املائی می گردد. به عنوان مثال «وجود ندارد» باید به صورت «وجود ندارد» نوشته شود.

۴- اشکال، جداول و عبارات ریاضی

مناسب بودن وضعیت شکل‌ها، جدول‌ها و روابط ریاضی در قابل درک بودن مقاله نقش اساسی دارد. توصیه اکید آن است که برای تولید تمام این سه عنوان از قابلیت‌های موجود در خود نرم افزار Word استفاده شود؛ چراکه در این خصوص محدودیتی وجود ندارد.

جداول و اشکال باید در وسط ستون تنظیم شوند. برای انتخاب قلم و اندازه آن در متن و عناوین جداول و اشکال به جدول (۱) رجوع شود.

چنانچه شکل یا جدولی در یک ستون جا نگیرد، می‌توان آن را در دو ستون قرار داد، مشروط بر آنکه در یکی از سه موقعیت زیر صفحه بندی شود:

- ابتدای یک صفحه،
- انتهای یک صفحه،
- انتهای مقاله و درست پیش از مراجع.

برای این منظور لازم است صفحه‌بندی در مواضع مزبور از وضعیت دوستونی به یک ستونی تبدیل شود. برای آنکه به اشتباه دچار نشوید، از نمای View | Normal استفاده کرده، قبل و بعد از بخش تک ستونی شکستی به صورت زیر ایجاد کنید:

Insert | Break | Section Break | Continuous.

برای اجرای صفحه بندی مطلوب می‌توانید از سطرهای اضافه که قبل یا بعد از اشکال، جداول یا مراجع درج می‌کنید، بهره ببرید.

شکل‌ها

در مورد اشکال، چنانچه امکان Copy | Past از نرم افزار اصلی تولید کننده‌ی شکل (یا گراف) موجود نباشد، از ابزار Insert | Picture استفاده شود. برای این منظور لازم است شکل موردنظر از پیش به صورت یک فایل ذخیره شده باشد. اگر شکل از نرم افزار مستقیماً به محیط Word آورده شده است، بهتر است با استفاده از ابزار Edit Picture بازبینی و ویرایش شود. دقت شود که ویژگی Layout در شکل به صورت In line with text و در یک سطر مستقل درج شده باشد. در هر حال، اشکال باید به

صورتی واضح و با توضیحات کافی در مقاله درج شوند و با سطرهای قبل و بعد فاصله کافی داشته باشند. سعی شود برای وضوح هرچه بیشتر شکل‌ها، با بزرگ کردن شکل از تمام عرض ستون استفاده شود.

عدم رعایت قواعد بر چسب گذاری و واحدنویسی محورها در نمودارها اغلب موجب کاهش رسایی مقاله می‌شود. برای کلیه محورها بجای استفاده از حروف و نمادها از کلمات استفاده شده و واحد هر یک داخل هلالین یا قلاب قرار داده شود. مانند: Time [sec] بجای فقط t .

چنانچه از اشکال رنگی استفاده می‌شود، ضروری است مقاله خود را در دو نسخه تهیه کنید به طوری که در یک نسخه اشکال بدون بکارگیری رنگ و تنها با استفاده از خطوط متنوع یا سطوح مختلف رنگ خاکستری درج شده باشند. نسخه مزبور برای چاپ به کار می‌رود و نسخه رنگی می‌تواند به منظور اطلاع رسانی از طریق شبکه مورد بهره برداری قرار گیرد.

روابط ریاضی

برای نوشتن روابط ریاضی ابزار Equation Editor از کارآیی بسیار بالایی برخوردار است. تمامی نمادهای مورد نیاز در این ابزار پیش بینی شده است.

توضیحات تمام متغیرها، پارامترها و نمادهای جدید در روابط، چنانچه پیش از آن توضیح داده نشده‌اند، باید بدون فاصله بعد از رابطه بیان شوند. مانند رابطه عمومی میان تنش و کرنش در فرایند نورد گرم:

$$\epsilon^0 = A [\sinh(\alpha\sigma)]^n \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) \quad (1)$$

که در معادله بالا A ، α ، و n ثابت‌های معادله، Q انرژی اکتیواسیون برای تغییر شکل گرم، و R ثابت گازها می‌باشند. اگر تعداد متغیرها و پارامترها برای تعریف درادامه متن زیاد است، از فهرست علائم در بخش ضمایم استفاده و یا به صورت فهرست در زیر رابطه تعریف شود.

توجه شود که در نوشتن روابط ریاضی می‌توان بدون نیاز به ابزار Equation Editor از بالانویسی زیر نویسی و حروف

دیده می‌شود، در بالای آنها و شماره و توضیح شکل‌ها همان گونه که برای شکل (۳) به کار رفته است، در زیر آنها درج می‌شود. هرگز نباید یک شکل یا جدول پیش از معرفی آن، در متن ظاهر شود.

برای شماره‌گذاری روابط ریاضی از یک جدول دو ستونی مانند زیر استفاده شود:

$\sigma = k\varepsilon$	(۴)
-------------------------	-----

به طوری که شماره رابطه در انتهای سمت راست ستون سمت راست جدول، و خود رابطه ریاضی در انتهای سمت چپ ستون سمت چپ جدول درج شود. ارجاع به روابط ریاضی همواره باید بعد از درج خود آن روابط در متن صورت گیرد. برای ارجاع به روابط ریاضی تنها از شماره آنها در داخل هلالین استفاده شود؛ مانند (۱)، و از عباراتی مانند رابطه (۱) یا (معادله‌ی (۱)) استفاده نشود؛ مگر آنکه جمله‌ای با ارجاع به یک رابطه ریاضی آغاز شود، یا تأکید بر معادله بودن آن مورد نظر باشد.

در ارجاع به بخش‌های مختلف مقاله بازم باید از ابزار Insert | Reference | Cross-reference | Numbered item استفاده شود. برای این منظور از یک علامت مانند زیر استفاده شود: بخش [۵].

شماره گذاری مراجع به نحوی صورت می‌گیرد که در انتهای این نوشتار آمده است. برای ارجاع به مراجع نیز تنها از شماره آنها در داخل دوقلاب استفاده شود [۱] و نیازی به ذکر «مرجع [۱] نیست، مگر آنکه جمله‌ای با همین عبارت آغاز شود: «در مرجع [۱]...» برای ارجاع به چند مرجع، آنها را با ویرگول جدا کنید: [۱]، [۲]، یا خط فاصله بکار برید: [۱]-[۴]. مراجعی که در انتهای جمله می‌آیند، قبل از نقطه قرار گیرند.

شماره‌گذاری برای دسته بندی‌ها، الگوریتم‌ها و سایر تقسیم‌بندی‌های عادی داخل متن می‌تواند با اعداد یا حروف دلخواه به نحوی که تداخلی پیش نیاید، انجام شود.

یونانی (Symbol) بهره گرفت، مانند معادله (۱) که می‌توان در دمای ثابت آن را به صورت زیر نوشت:

$$\varepsilon = D \exp(\beta \sigma) \quad (۲)$$

که با وجود مزایایی که دارد، توصیه نمی‌شود. در صورتی که یک رابطه ریاضی طولانی بوده و در یک سطر جا نشود، می‌توان آن را در دو یا چند سطر بصورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} dE &= \int_0^{a/2} (2\pi R t' \cdot \sigma \cdot \partial \varepsilon) dx + \int_{a/2}^a (2\pi R t \cdot \sigma \cdot \partial \varepsilon) dx \\ &= \int_0^{a/2} \left(2\pi R c t \right) \left(\frac{x \sigma_h}{x_y} \right) \left(\frac{x \cos(\theta)}{R} \right) \partial \theta dx \\ &\quad + \int_{a/2}^a \left(2\pi R c t \right) \left(\frac{x \sigma_h}{x_y} \right) \left(\frac{x \cos(\theta)}{R} \right) \partial \theta dx \end{aligned} \quad (۳)$$

و یا شماره آن را نیز در سطر مستقل قرار داد. در این حال باید سطرهای دوم به بعد در فرمول با تورفتگی شروع شوند. اگر از تنظیم دلخواه اندازه (Size) استفاده می‌کنید، دقت شود که اندازه ظاهری متغیرها با اندازه حروف لاتین در متن (۱۰) برابر باشد.

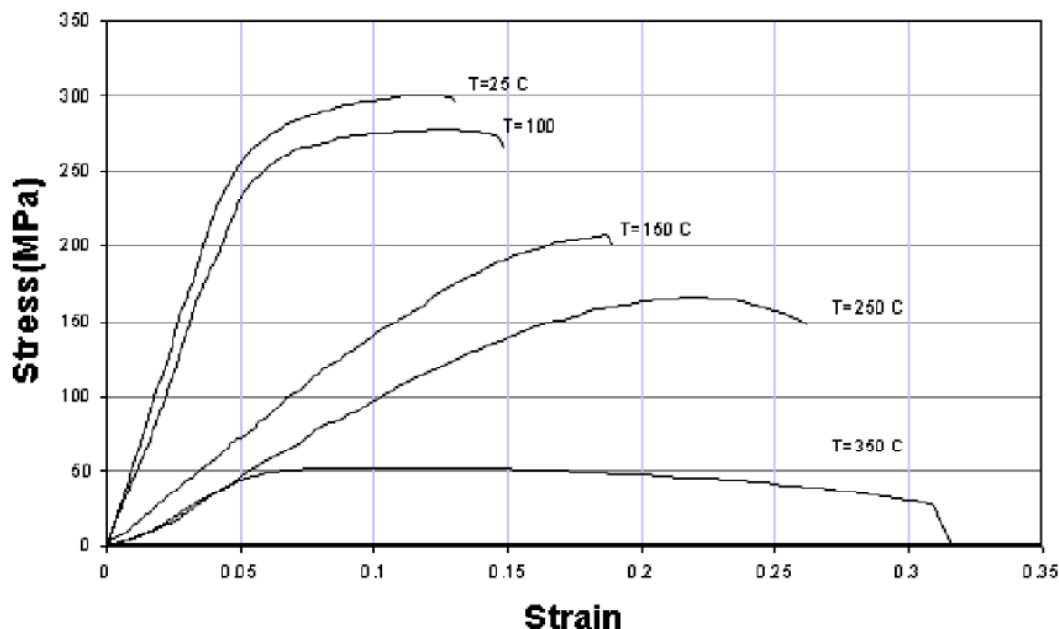
۵- شماره گذاری و ارجاع

کلیه جداول، شکل‌ها و روابط ریاضی باید با استفاده از ابزار Insert | Reference | Caption شماره گذاری شوند. استفاده از این ابزار امکان آن را برای کاربر ایجاد می‌کند که در صورت جابه‌جا شدن هر یک از این موارد، نیازی به تصحیح شماره‌گذاری‌ها نباشد، چراکه نرم افزار به طور خودکار این کار را انجام می‌دهد. همچنین ارجاع به شماره‌گذاری‌هایی که به روش مزبور انجام شده باشد، به سادگی و با استفاده از ابزار Insert | Reference | Cross-reference میسر است.

برچسب‌های لازم برای این نحوه شماره‌گذاری و ارجاع در الگوی حاضر (همین فایل) پیش‌بینی شده‌اند. مؤلفان می‌توانند با استفاده از Copy | Past این برچسب‌ها را بطور مکرر بکار بگیرند. کلید F9 برای به روز کردن شماره گذاری‌ها و ارجاعات به آنها بکار می‌رود.

شماره و توضیح تمام جداول به نحوی که در جدول (۱)

شکل (۲) منحنی تنش- کرنش در درجه حرارت های مختلف



فراهم آوردن کلیه امکانات انجام این تحقیق، تشکر کند.

۶- نتیجه

در این مقاله نمونه، مشخصات یک مقاله آماده به چاپ برای مجله علمی تخصصی مهندسی مواد دانشگاه آزاد مجلسی بیان شد. مهم ترین مشخصات عبارتند از: ابعاد و حواشی صفحه و ستون ها، نحوه تهیه عنوان و چکیده به فارسی و انگلیسی، بخش های ضروری، نحوه شماره گذاری بخش ها و زیربخش ها، نحوه شماره گذاری جدول ها، شکل ها و روابط ریاضی و ارجاعات به آنها، فهرست بندی، مرتب سازی و شماره گذاری مراجع، و بالاخره اندازه و نوع قلم ها.

مؤلفان محترم مقالات تلاش نمایند تا با توجه به نکات مطرح شده، ضمن آشنایی با ابزارهای قابل استفاده در نرم افزار، مقالات پذیرفته شده را به سرعت برای چاپ آماده سازند.

۷- تقدیر و تشکر

بخش تقدیر و تشکر به طور مختصر و در یک بند تنظیم شود. به عنوان مثال، نویسنده مقاله برخورد لازم می داند که از مدیریت واحد تحقیق و توسعه مجتمع فولاد مبارکه، به خاطر

۸- ضمائم

موضوعات مرتبط با متن مقاله که در یکی از گروه های زیر قرار می گیرند، در بخش ضمائم آورده شوند:

- اثبات های ریاضی یا عملیات ریاضی طولانی،
- داده و اطلاعات نمونه (ها)ی مورد مطالعه (Case Study) چنانچه طولانی باشند،
- نتایج کارهای دیگران چنانچه نیاز به تفصیل باشد،
- مجموعه تعاریف متغیرها و پارامترها، چنانچه طولانی بوده و در متن به انجام نرسیده باشد.

۹- مراجع

- [۷] Book authors' names; *Book Title in Italic (and the title components, if any)*, Edition number, Publisher, Date of publish.
- [۸] Hall P. Villars, A. Prince, and H. Okamoto "Handbook of Ternary Alloy Phase Diagram" ASM, Materials Park, OH, (1995), pp. 6632-6633.
- [۹] Authors' names separated by comma-dots; "*The Paper Title in Italic Times New Roman 9pt*", Paper Address, Publishing Place, paper page, Year of Publish.
- [۱۰] J. Kaszynski and R. Breidler "How the Steelmaking Process Influences the Properties of Hot Work Die Steel", Steel Making Process Influence Vol. 14 (2003), pp 1-12.
- [۱۱] Authors' names separated by comma-dots; "*Internet Article Title in Italic Font*", Chapter nr Section Name or Number, Complete URL address, Page Number (p.p.), Year, (Article Language, if not in English).
- [۱۲] A. Grellier, M. Siat "A New Hot Work Tool Steel for High Temperature and High Stress Service Condition", 6th International Tooling Conference, (2003) pp 39-48
- [۱] نام خانوادگی، نام (مؤلفان و مترجمان)؛ **عنوان اصلی کتاب: عنوان فرعی کتاب** (جزئیات عنوان کتاب در صورت وجود داخل هلالین)، نام سایر افراد دخیل در تألیف یا ترجمه، ناشر، محل انتشار، شماره جلد، شماره ویرایش، سال انتشار به عدد.
- [۲] حکمت رضوی زاده؛ رامز وقار، **متالورژی مس** انتشارات دانشگاه علم و صنعت، تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۲.
- [۳] نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی و نام مؤلف دوم؛ مؤلف سوم؛ **عنوان مقاله بصورت پررنگ و داخل گیومه**، نام کامل مجله (یا همایش)، شماره دوره یا جلد، شماره مجله (یا همایش)، شماره صفحات، سال انتشار.
- [۴] فریبرز قرهی قهی، **"ارائه یک مدل ریاضی از فرایند کربن دهی گازی در سختگردانی فولاد"**، دومین همایش ملی عملیات حرارتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مجلسی، ص ۷۹ تا ۸۸، اسفند ۱۳۸۴.
- [۵] نام خانوادگی، نام مجری؛ **عنوان طرح پژوهشی (یا پروژه دوره تحصیلات تکمیلی) بصورت پررنگ**، شمارن ثبت، نام کامل محل انجام و سفارش دهنده، سال انجام طرح.
- [۶] محمد علی سلطانی؛ **تأثیر عملیات حرارتی بر روی ساختار سختی و چقرمگی ضربه ای فولاد MO40**، طرح تحقیقاتی شماره ۱۰۲، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مجلسی، اصفهان، ۱۳۸۴.