



## مدلسازی پارامترهای موثر بر عملیات حرارتی رینگ‌های فولادی در ارتباط با سختی.

محمد رضا شریفیان<sup>۱</sup>، سعید دلشاد<sup>۲</sup>، مریم کمایی<sup>۳</sup>، مهدی کبریایی<sup>۴</sup>.

۱- کارشناس ارشد مهندسی مواد، مدیر واحد تحقیق و توسعه شرکت ایران غلتک.

۲- کارشناس مهندسی مواد، مدیر واحد کنترل کیفیت شرکت ایران غلتک.

۳ و ۴- کارشناس ارشد مهندسی مواد، کارشناس واحد تحقیق و توسعه شرکت ایران غلتک.

Sharifian163@yahoo.com

### چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی تاثیر دما و زمان عملیات آستنیت‌ه و تمپرینگ پرداخته شد. به این منظور دماهای ۹۵۰ و ۹۸۰ درجه سانتی‌گراد برای عملیات آستنیت‌ه در مدت زمان‌های ۱۶ و ۱۸ و ۲۰ ساعت در نظر گرفته شد. همچنین عملیات تمپرینگ در دماهای ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان‌های ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت در ابعاد صنعتی مورد بررسی قرار گرفت. در پایان نتایج مربوط به آزمون سختی نشان‌دهنده افزایش سختی با در نظر داشتن محدوده آنالیز ثابت و افزایش زمان فرایند آستنیت‌ه و کاهش دمای تمپرینگ است.

کلمات کلیدی: رینگ فولادی، نورد، عملیات حرارتی، آستنیت‌ه، تمپرینگ

### ۱- مقدمه

رینگ‌های فولادی ریخته‌گری بعنوان اجزاء اصلی مورد استفاده در صنایع نورد مطرح هستند. این رینگ‌ها در صنایع متنوعی همچون نورد تیر آهن بکار می‌روند. به دلیل طیف گسترده کاربرد رینگ‌ها افزایش کارکرد آن‌ها از طریق تغییر در مشخصات ساختاری که منجر به تغییراتی در خواص مکانیکی آن‌ها شود، مورد انتظار است. به این منظور اعمال تغییرات در پارامترهای مربوط به عملیات حرارتی مورد نظر است. [۱=۳]

عملیات آستنیت‌ه کردن بعنوان عملیات حرارتی مهمی مطرح است که بصورت افزایش دمای رینگ‌های فولادی تا دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. این دما منجر به تغییر در ساختار میکروسکوپی فولاد به فاز آستنیت‌ه می‌شود که هدف از آن انحلال کاربیدها یا دیگر ناخالصی‌های موجود در ساختار فولاد ریخته‌گری است و در ادامه یکنواختی ساختار را بهبود می‌بخشد و پاسخ مواد به مراحل بعدی عملیات حرارتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. [۴]

علاوه بر عملیات آستنیت‌ه عملیات حرارتی تمپرینگ با هدف کاهش شکنندگی و بهبود چقرمگی رینگ‌های فولادی انجام می‌شود.

عملیات تمپر حرارت‌دهی مجدد مواد سخت شده تا دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد است. [۵=۷]

در این فرایند حرارت‌دهی کنترل‌شده منجر به دگرگونی ساختاری مطلوبی می‌شود. در حین عملیات تمپرینگ تغییر فاز منجر به ساختار کمتر شکننده و نرم است که مارتنزیت و بینیت یا فریت تمپر شده را با توجه به دما و زمان عملیات نتیجه می‌دهد.



بطور کلی عملیات حرارتی آستنیت و تمپرینگ در رینگ‌های فولادی ریخته‌گری نقش مهمی در بهبود خواص مکانیکی ایفا میکند. این فرایندها از طریق کنترل دقیق فرایند گرم کردن و سرد کردن و فرایند تمپر در نهایت می‌توانند به بهبود استحکام و چقرمگی و کارکرد رینگ‌های فولادی منجر شوند. [۳-۸]

## ۲- روش پژوهش

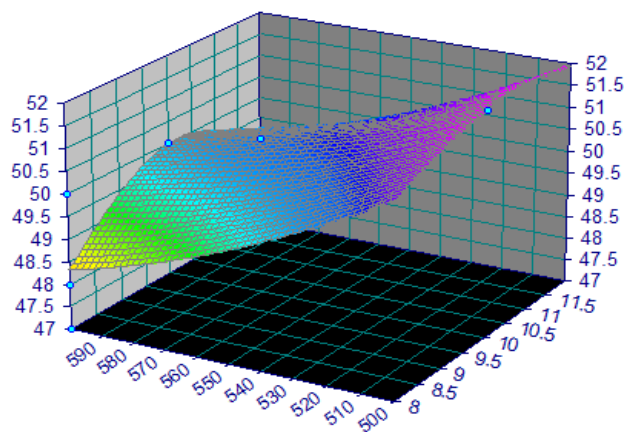
در پژوهش حاضر رینگهای فولادی مطابق با محدوده آنالیز براساس آنچه در جدول ۱ آمده است، ریخته‌گری شدند و در ادامه عملیات حرارتی نمونه‌های صنعتی انجام شد. به دلیل طیف ثابت آنالیز رینگ‌های ریخته‌گری شده، عوامل موثر بر کارکرد و خواص مکانیکی رینگ‌های ریخته‌گری شده در ارتباط مستقیم با عملیات آستنیت و تمپرینگ است که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه کلیه نتایج مربوط به تاثیر نوع عملیات حرارتی بر سختی رینگ‌های ریخته‌گری شده با استفاده از نرم افزار TableCurve3D در بخش بعد آمده است.

جدول ۱- آنالیز رینگهای فولادی

| Chemical Composition | C   | Si  | Mn+Ni | Mo+Cr |
|----------------------|-----|-----|-------|-------|
| Min.                 | 1.2 | 0.2 | 2.5   | 1.0   |
| Max.                 | 2.0 | 1.0 | 3.0   | 2.0   |

## ۳- نتایج، بحث و نتیجه گیری

نتایج مربوط به تاثیر عملیات آستنیت در قالب نمودار در ارتباط با سختی آمده است در ادامه نتایج مربوط به عملیات تمپرینگ در ارتباط با سختی نشان داده شده و در پایان نمودار مربوط به تاثیر هر دو پارامتر بر سختی رینگ‌های ریخته‌گری آمده است که نشان می‌دهد پارامتر زمان تاثیر بیشتری در مقایسه با پارامتر دما نشان می‌دهد. همچنین بر این اساس میتوان چنین نتیجه گیری کرد که با افزایش مدت زمان فرایند آستنیت مدت زمان برای انحلال کاربیدها کافی است و از سوی دیگر افزایش زمان فرایند تمپرینگ با توجه به تاثیر گذاری بر کاهش سختی می‌تواند به کاهش سختی قطعه منجر گردد که مورد نظر نخواهد بود.



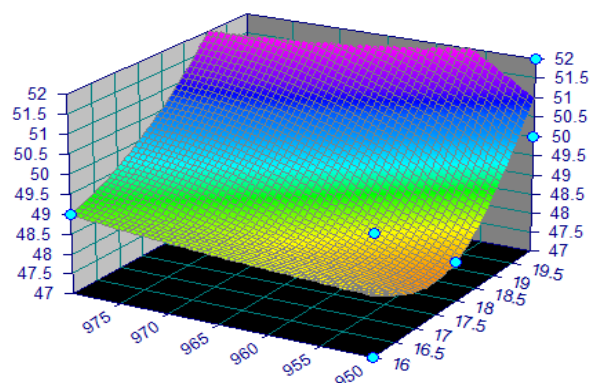
XY-Points: 6      Active Points: 6

X Variable:  
 Xmin: 8      Xmax: 12      Xrange: 4  
 Xmean: 9.333333333      Xstd: 1.6329931619

Y Variable:  
 Ymin: 500      Ymax: 600      Yrange: 100  
 Ymean: 583.3333333      Ystd: 40.824829046

Z Variable:  
 Zmin: 47      Zmax: 52      Zrange: 5

شکل ۱. ارتباط دما و زمان فرایند تمپرینگ و تاثیر آنها بر سختی نهایی رینگ.



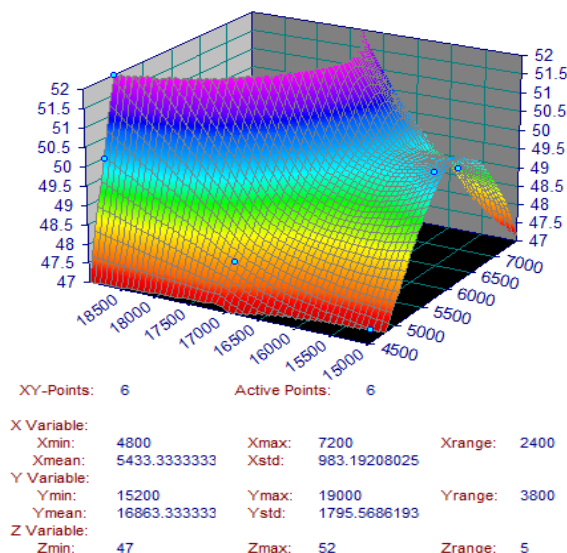
XY-Points: 6      Active Points: 6

X Variable:  
 Xmin: 16      Xmax: 20      Xrange: 4  
 Xmean: 17.66666667      Xstd: 1.9663841605

Y Variable:  
 Ymin: 950      Ymax: 980      Yrange: 30  
 Ymean: 955      Ystd: 12.247448714

Z Variable:  
 Zmin: 47      Zmax: 52      Zrange: 5

شکل ۲. ارتباط دما و زمان فرایند آستنیت‌دهی و تاثیر آنها بر سختی نهایی رینگ.



شکل ۳. تاثیر حاصل ضرب پارامترهای دما و زمان آستنیت‌دهی و دما و زمان تمپرینگ بر سختی رینگ‌های نورد.

#### ۴- مراجع

- [۱] Torres, I. N., et al. (2017). "FE modeling of the cooling and tempering steps of bimetallic rolling mill rolls." International Journal of Material Forming **10**(3): 287-305.
- [۲] Rożniata, E., et al. (2016). Microstructure and Tribological Properties of a Material with Cementite Eutectic Applied for Metallurgical Rolls. Key Engineering Materials, Trans Tech Publ.
- [۳] Ilca, I., et al. (2016). "OPTIMISATION OF THE THERMAL TREATMENT TECHNOLOGIES FOR THE CAST HIPEREUTECTOID STEEL ROLLS." Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara **14**(3): 201.
- [۴] Krawczyk, J. (2011). "The effect of cast steel chemical composition on its microstructure and tribological properties in mill rolls." Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering **47**(2).
- [۵] Krawczyk, J. (2010). "Influence of the microstructure and loads on tribological properties of G155CrNiMo4-3-3 cast steel." Archives of Foundry Engineering **10**(3): 39-44.
- [۶] Krawczyk, J., et al. (2008). "The high-temperature tribology of iron matrix hypoeutectic alloy after under-annealing normalizing." Metallurgy and Foundry Engineering **34**(2): 125-131.
- [۷] Rożniata, E. and J. Pacyna (2007). "Effect of annealing on mechanical properties of ledeburitic cast steel." Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering **20**(1-2): 187-190.
- [۸] Rożniata, E. and J. Pacyna (2006). "Hypereutectoid cementite morphology and mechanical properties of Cr-Ni-Mo cast steel." Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering **17**(1-2).