



شبیه‌سازی و ساخت حلقه فشاری موتور دیزل و ایجاد برگشت فنری لازم

میثم خلیل زاده^۱، میرامین حسینی^{۲*}، جمال قاسمی^۳، احسان اشعاری^۴

^۱دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ساری، ایران، khalilzadeh.meisam@yahoo.com

^۲دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران، ma.hosseini@umz.ac.ir

^۳دانشکده مهندسی برق، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران، j.ghasemi@umz.ac.ir

^۴دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ساری، ایران، ashari.ehsan@gmail.com

*نویسنده مسئول، شماره تماس: ۰۱۱۲-۵۳۴۲۹۰۲

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۲۹ بهمن ۱۳۹۲

پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۳۹۲

کلیدواژه‌ها:

رولینگ حلقوی گرم

حلقه

نرم‌افزار ANSYS

برگشت فنری

چکیده

در این تحقیق، فرآیند ساخت حلقه موتور دیزل روستون RK215 با استفاده از روش رولینگ گرم بررسی شد و همچنین، برای حصول اطمینان، نتایج حاصل از شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزاری ANSYS Workbench با نتایج تجربی مقایسه شد. مشخصات ماده بعد از آزمایش کشش در شبیه‌سازی استفاده شد. در راستای ایجاد تنش پسماند لازم و ایجاد برگشت فنری لازم هنگام نصب درون موتور از روش رولینگ گرم استفاده شده است. نتایج حاصل از آزمایش‌های فیزیکی روی قطعات تولید شده، تأییدکننده صحت روش کار و همچنین ایجاد تنش پسماند لازم برای برگشت فنری لازم و نیروی فنری مطلوب هنگام قرارگیری درون استوانه است.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

۱) مقدمه

یکی از پیچیده ترین اجزا در موتورهای احتراق داخلی حلقه سمبه است که در معرض انواع بار، سرعت، دما و شرایط روغن کاری، کار می کنند. حلقه های سمبه در دمای داغ و فشار قوی کار می کنند که باید فضای بین استوانه و سمبه را نیز آب بندی نمایند. در این میان عوامل اصلی تخریب حلقه ها عبارتند از: سایش، چسبندگی حلقه به دیواره استوانه، لقی بین حلقه و استوانه، دمای نسبتاً داغ و وجود محیط خورنده.

بنابراین سایش ناشی از تماس بین حلقه و دیواره استوانه به دلیل حرکت رفت و برگشتی امری عادی است [۱]. چسبندگی حلقه به سطح دیواره استوانه که ناشی از محاسبات نادرست ساخت قطعه است، باعث زیاد شدن فاصله دو لبه حلقه (GAP) می شود. این امر خود یکی از دلایل تخریب قطعه و کاهش محسوس بازده کاری است [۲]. لقی بین استوانه و حلقه هم که به دلیل نبود نیروی برگشت فزنی کافی در حلقه است، یکی از معایب در فرآیند ساخت است [۳]. این عیب باعث وارد شدن گاز حاوی سوخت در هنگام احتراق از محفظه احتراق به داخل محوطه حلقه ها می شود.

بخشی از این گازها از حلقه ها عبور می کنند و مستقیماً به محفظه میل لنگ می روند و بخش دیگر نیز، در بین دو حلقه جمع می شوند که بعد از کم شدن فشار داخل استوانه، مقداری از آن به استوانه باز می گردد. در این زمان دمای داخلی استوانه خنکتر شده است ولی در حدی نیست که باعث اشتعال کامل سوخت شود. سوخت خروجی همراه با دود به عنوان منبع مهم آلودگی شناخته شده است. گاز برگشتی به داخل استوانه که مقداری روغن را به همراه دارد باعث افزایش مصرف روغن می شود [۴].

در اکثر فرآیندهای نورد حلقه، یکی از مشکلات اصلی نحوه پایش غلتک های راهنما است که در بسیاری از پژوهش ها از بررسی راهکارهای پایش این غلتک ها چشم پوشی می شود. همچنین در بسیاری از مقاله ها از غلتک های راهنما صرف نظر می شود و تنها شبیه سازی نورد شعاعی حلقه صورت می گیرد [۵-۷]. در این مقاله ابتدا شبیه سازی نورد شعاعی - محوری (با تمامی غلتک ها) انجام می گیرد. همچنین طرحی جدید با چیدمان غلتک های راهنما و ثابت ارائه می گردد. مرسوم ترین روش بعد از فرآیند نورد و ساخت ماده خام و نحوه همبسته ریزی برای جبران خطاهای موجود در حلقه سمبه، فرآیند مرسوم مهندسی سطح، لایه کروم سخت است. ثابت شده است که پوشش کروم سخت عمر حلقه را تا ۵ برابر افزایش می دهد، اما مشکلات زیست محیطی حمام لایه کروم استفاده از آن را محدود می کند [۸].

روش دیگری به نام نیتراسیون پلاسمایی به دلیل داشتن مزایایی چون آماده سازی سطوح در خود فرآیند، ایجاد ریز ساختار بهینه در سطح، سخت نمودن سطح، افزایش مقاومت به سایش و خستگی به

عنوان جایگزین دیگر فرآیندهای سطح، استفاده می شود [۸،۹]. اما این روش هم از نظر هزینه و تجهیزات آزمایشگاهی، زمانبری و تولیدات انبوه مقرون به صرفه نیست.

هدف از تدوین این مقاله ارائه روشی جدید برای افزایش هرچه بیشتر بازده تولید و کیفیت، همچنین کمینه کردن مقدار خطاها با استفاده از تغییر در نحوه ریختن همبسته، نوع فرآیند ریخته گری و ماشین کاری، همچنین حفظ نیروی برگشت فزنی مناسب و تغییر در نحوه چیدمان و زوایای غلتک ها است. شایان ذکر است که قطعات این مقاله وابسته به حلقه سمبه موتور روستون RK215 است که تاکنون هیچ گونه شبیه سازی و عملیات ساختی در داخل کشور بر روی آنها صورت نگرفته است. در پایان، برای اطمینان از نتایج شبیه سازی، مقایسه ای بین نتایج استخراج شده از نرم افزار ANSYS با نتایج آزمایش های عملی صورت گرفته است.

۲) روش های اجرای تحقیق

در این تحقیق ساخت نمونه خام اولیه در فرآیند ریخته گری گریز از مرکز با استفاده از قالب هایی با ارتفاع کم، ماشینکاری قطعات (حلقه) با رواداری مجاز و آبکاری مطلوب صورت می گیرد.

هدف از ریخته گری گریز از مرکز و قالب هایی با ارتفاع کم، امکان ریختن فلزات با وزن مخصوص یا چگالی زیاد، کمترین عیوب گازی و انقباضی به همراه ضریب تراکم جرمی بزرگ، تولید لوله (بوش) با کمترین ضخامت ممکن برای مراحل ماشین کاری، استحکام و خواص مکانیکی قویتر ماده اولیه به دلیل متمرکزتر شدن دانه بندی و کمینه کردن حفره های هوایی داخل قطعه است.

در این مقاله غلتک اصلی که دارای قطر بیشتری نسبت به سایر غلتک ها است محرک در نظر گرفته شده است. این غلتک با استفاده از دو زبانه کشویی و یک پیچ هرزگرد که در پشت قالب نصب شده اند قابلیت جابه جایی و تغییر وضعیت در راستای محور Y را دارد. قابل توجه است که این سامانه برای تولید اندازه دهانه حلقه (GAP) نیاز است. همان گونه که در شکل (۳) مشاهده می شود دو غلتک به عنوان راهنما در نظر گرفته شده که فقط نگهدارنده اند و با فشاری که از غلتک محرک به قطعه وارد می شود، با سطح حلقه در تماس اند تا مانع انحراف و بیضی شدن حلقه شوند. این کار به منظور جلوگیری از تغییرات ابعادی در قسمت های مختلف و مقایسه نتایج این روش با سایر روش ها برای انتخاب مقدار زاویه بهینه است [۱۰].

دو غلتک که یکی در جهت حرکت عقربه های ساعت و دیگری در خلاف جهت عقربه های ساعت حرکت می کنند، مقدار فشار لازم را روی حلقه پدید می آورند. نیروهایی که باعث تغییرات فشار و تنش می شوند با این دو غلتک تأمین می گردند. مشخصه این سازوکار این است که محور غلتک ها عمود بر جهت حرکت قطعه کار است.

شکل هندسی غلتک در شکل (۵) مشخص شده است. در این شکل شعاع غلتک، Q طول تصویر ناحیه تماس و L وتر کمان تماس و Δh تغییر ضخامت در حلقه است. همچنین زاویه α عبارت است از زاویه ای که بین خط مرکزین دو غلتک و نقطه ورودی حلقه است که به نام زاویه گیرش نیز معروف است و در فرآیند نورد بسیار حایز اهمیت است. با توجه به شکل، معادلات مهمی را می توان در نظر گرفت [۱۱]:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta h}{2R} \quad (1)$$

$$L = \sqrt{R\Delta h} \quad (2)$$

قابل توجه است که زاویه گیرش قبل از هر چیز به مقدار اصطکاک وابسته است. اصطکاک به سطح قطعه کار و سطح غلتک ها بستگی دارد. اصطکاک در این سازوکار یک فرآیند اجتناب ناپذیر است و باید وجود داشته باشد تا عملیات تغییر تنش و کرنش صورت گیرد. البته اصطکاک نباید از مقدار مشخص بیشتر شود زیرا باعث شکستن غلتک ها خواهد شد.

اصطکاک به زاویه گیرش بدین شرح وابسته است:

$$\mu = \tan \alpha_{\max} \quad (3)$$

$$\Delta h_{\max} = m^2 R \quad (4)$$

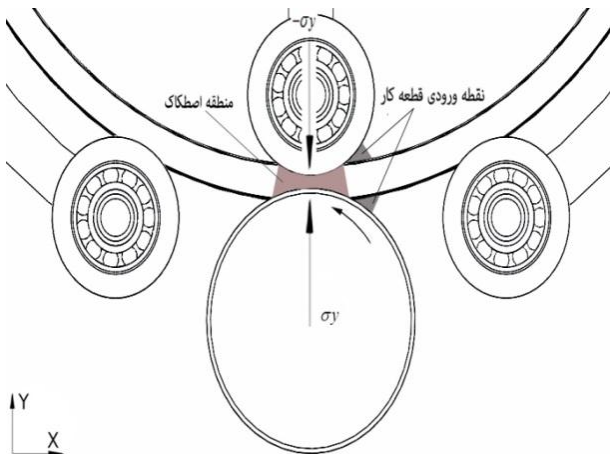
که در این معادلات μ ضریب اصطکاک است.



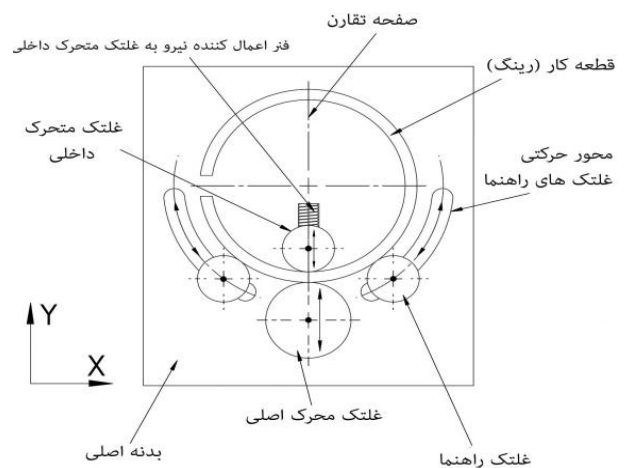
شکل ۱: دستگاه ریخته گری گریز از مرکز



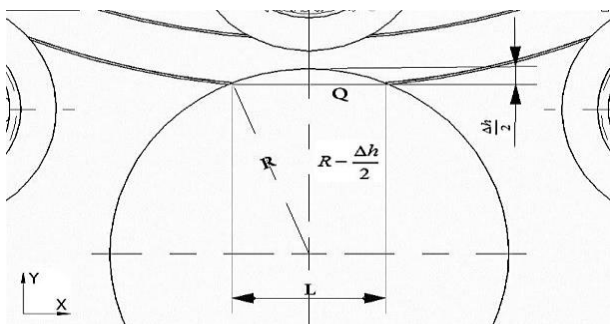
شکل ۲: نمونه خام اولیه



شکل ۴: نمای مناطق ورودی و اعمال تغییرات نیرو و اصطکاک

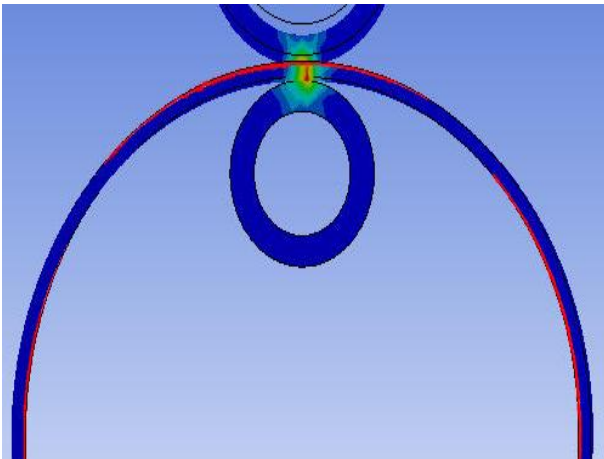


شکل ۳: نمای دستگاه

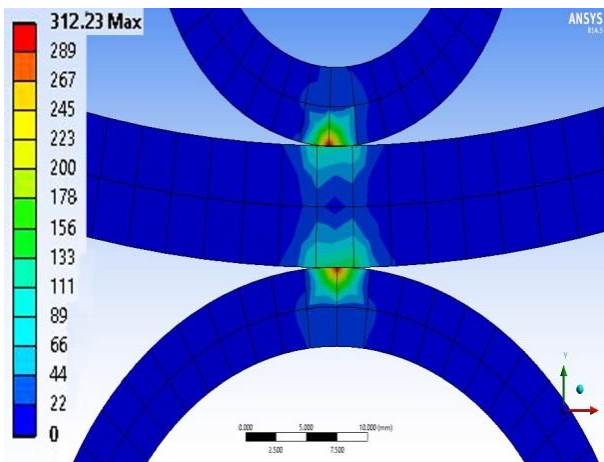


شکل ۵: روابط ابعادی و شکل هندسی غلتک

هنگامی که غلتک ها تنش فشاری σ_y را ایجاد می کنند، حالتی از کرنش صفحه ای پدید می آید. در نقطه اعمال فشار به غلتک ها، اصطکاک بین قطعه کار و غلتک ها به وجود می آید. در واقع در اینجا اصطکاک تأثیر خوب یا بد خود را نشان می دهد. در شکل (۴) نشان داده شده است که سرعت قطعه از سرعت غلتک بیشتر است، بنابراین اصطکاک به سمت راست (ورودی) قطعه اعمال می شود. نتیجه این اثر، ایجاد تپه اصطکاک است.



شکل ۶: از بین رفتن خاصیت گرد بودن به دلیل نبود غلتک های راهنما



شکل ۷: فرایند شبیه سازی شده حلقه با استفاده از غلتک های راهنما

حالت برخورد قطعات با یکدیگر در سطوح استوانه‌ای به صورت اصطکاکی (Frictional) با ضریب اصطکاک ۰٫۵ است. با مقایسه جواب های بدست آمده در نرم افزار، مشاهده شده است که مقدار لرزش ها زیاد است و به همین دلیل حلقه از حالت دایروی خارج می شود. در نتیجه با توجه به معادلات شبیه سازی، بهترین روش برای چیدمان غلتکها انتخاب شده است. با توجه به نتایج، حالت گرد بودن در این روش بمراتب بهتر از روش های قبل خواهد بود.

۳) اعتبار سنجی نتایج شبیه سازی

پس از شبیه سازی ها لازم است تا صحت نتایج شبیه سازی بررسی شود؛ برای بررسی صحت نتایج، شبیه سازی فرایند نورد حلقه انجام گرفت و با نتایج آزمایش های عملی مقایسه شد. جنس حلقه، چدن خاکستری است و نمودار تنش - کرنش آن مطابق شکل (۸) است. مشخصات نورد حلقه ساده برای مقایسه با آزمون های عملی طبق جدول (۲) است.

هر چه ضخامت قطعه بزرگتر شود زاویه گیرش و مولفه افقی حاصل از نیروی فشار افزایش و مولفه افقی حاصل از نیروی اصطکاک کاهش می یابد و این یعنی مقدار گیرش کم می شود. با افزایش نیروی اصطکاک مولفه عمودی نیز افزایش می یابد در نتیجه فشار بر روی غلتک هم زیاد می شود لذا با آنکه اصطکاک مفید است اما نباید از حدی بزرگتر شود.

در این تحقیق نورد حلقه به علت اینکه اثرات لختی (اینرسی) را در طول فرایند لحاظ نمی کند به صورت مساله ای شبه ایستا فرض می شود. روش صلب - پلاستیک در معادلات به کار رفته است. میدان های سرعت و تنش این شرایط را ارضا می کنند:

$$\sigma_{i,j} = 0, \text{ in } V \quad (5) \text{ معادلات تعادل:}$$

$$(6) \text{ شرایط مرزی:}$$

$$\begin{cases} v_i = \bar{v}_i \text{ on } S_U \\ \sigma_{i,j} n_{jk} = \bar{t}_j \text{ on } S_F \end{cases}, S_U + S_F = S_{Total}$$

$$\epsilon^0 = \frac{1}{2}(v_{i,j} + v_{j,i}) \quad (7) \text{ معادلات سازگاری:}$$

$$\dot{\epsilon}_{kk} = 0 \quad (8) \text{ تراکم پذیری:}$$

$$\sigma_f = \sigma_f(\bar{\epsilon}, \bar{\epsilon}, T) \quad (9) \text{ تنش سیلان:}$$

که در آن $\bar{\epsilon}$ نرخ کرنش، $\bar{\epsilon}$ کرنش مؤثر، $\bar{\epsilon}$ نرخ کرنش مؤثر، σ تنش واقعی، $\dot{\sigma}$ تنش مؤثر، σ_f تنش سیلان، v سرعت، و T دما است.

در این شبیه سازی نیروهای لازم برای طراحی غلتک ها به دست می آید که می توان با تغییر نیرو و جابجایی زوایا، مقدار نیروی واقعی اعمال شده به غلتک های راهنما دست یافت. این روش از سایر روش های از نظر تعداد آزمونها و صرفه جویی در زمان مقرون به صرفه تر است [۱۲، ۱۳].

به منظور شبیه سازی دقیق این فرایند بررسی عوامل برای رسیدن به شرایط واقعی مورد نظر است که از این عوامل می توان تعداد غلتکها و غلتکهای محرک، مقدار اصطکاک بین حلقه ها، نیروی باردهی، قطر استوانه ها و مقدار نیروی برگشت فنری را نام برد [۱۴].

به دلیل اهمیت خاصیت گرد بودن حلقه های سنبه و عمل آب بندی استاندارد، سعی شده است که همواره خاصیت گرد بودن حفظ شود. بنابراین شبیه سازی مطابق شکل (۶) است. الگوی دانه بندی ها به صورت ترکیبی به شکل مستطیل مطابق جدول (۱) است.

جدول ۱: مشخصات دانه بندی در شبیه سازی فرایند نورد

نام غلتک	اندازه دانه بندی (میلی متر)
حلقه	۳
غلتک اصلی	۲/۵
غلتک محرک	۲
غلتک های راهنما	۲

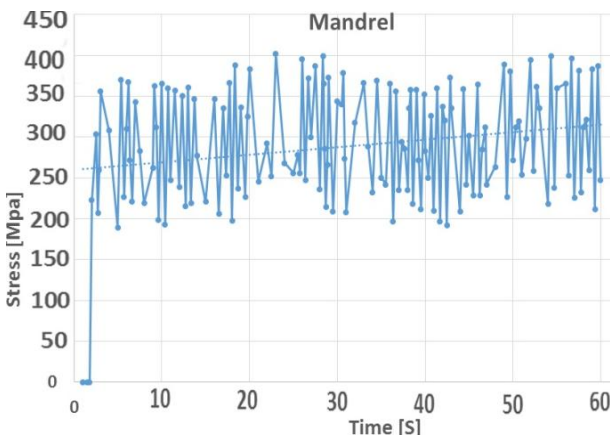
همان طور که از این نمودارها مشخص است، از ابتدا تا انتهای فرآیند، به دلیل تنش پسماند، مقدار نیروهای وارده در یک بازه زمانی مشخص ثابت اند. همچنین بیشینه تنش وابسته به غلتک محرک است. با توجه به شکل (۱۱) مشاهده می شود که اعداد به دست آمده برای باز شدن دهانه حلقه بسیار نزدیک به اندازه واقعی است که این عدد در شبیه سازی برابر ۲۴٫۷ میلی متر و در روش عملی برابر ۲۶ میلی متر است. با توجه به شرایط شبیه سازی، کوچک بودن ضریب خطا نسبت به سایر روش ها [۳،۵] نشانگر قابلیت اعتماد قوی روش است.

از دیگر متغیرهای مهم در حلقه ها، نیروی برگشت فتری است که از طرف حلقه به استوانه وارد می شود. برای بررسی این خاصیت، حلقه ای که دهانه آن به مقدار مجاز (۲۶-۲۴٫۷) میلی متر رسیده است، مطابق شکل (۱۲) روی دستگاه آزمون فشار قرار داده می شود. مطابق شکل (۱۲)، اجزای دستگاه عبارتند از: ۱- نیروسنج، ۲- گیره ثابت، ۳- میله راهنما، ۴- پردازشگر، ۵- پایه روغنی، ۶- گیره متحرک، ۷- قطعه کار، ۸- شمارنده.

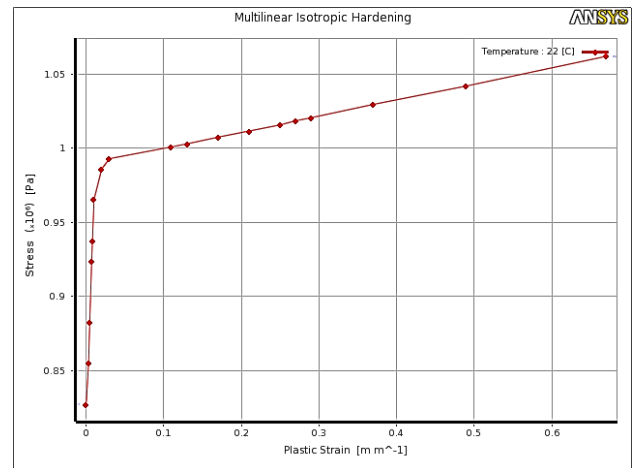
در نمودارهای (۹) و (۱۰)، نیروی غلتک اصلی و محرک به حلقه نشان داده شده است. در این شکل ها محور افقی زمان فرآیند و محور عمودی مقدار نیروی وارده را در جهت به وجود آوردن تنش پسماند در حلقه نشان می دهند.

جدول ۲: مشخصات فرآیند نورد حلقه ساده در این روش

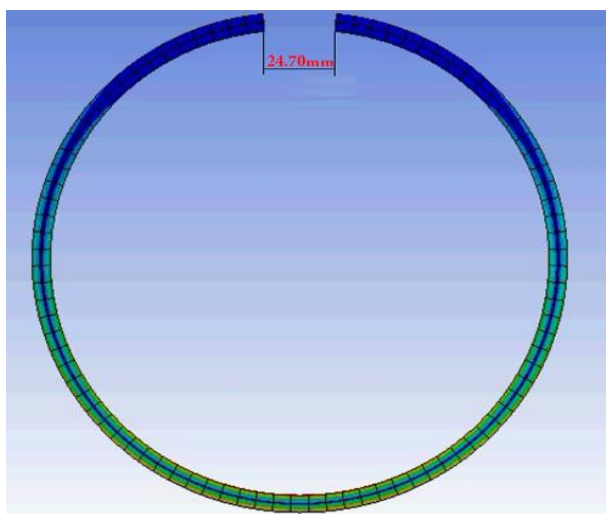
مقدار مشخصه	نوع مشخصه
۲٫۳۸ rad/s	سرعت چرخشی غلتک اصلی
۰٫۲ mm/s	سرعت باردهی
۸۰۰ °C	دمای حلقه چدنی
۰٫۰۵	ضریب اصطکاک
۲۲ °C	دمای محیط
۱۰۷٫۵ mm	شعاع حلقه
۲۵ mm	شعاع غلتک اصلی
۱۵ mm	شعاع غلتک محرک
۱۵ mm	شعاع غلتک های راهنما
۴٫۹۳۲ mm	ارتفاع حلقه



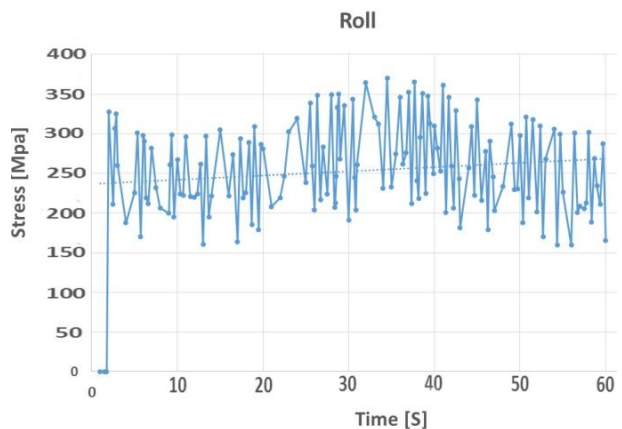
شکل ۱۰: نمودار نیروی وارده بر غلتک محرک



شکل ۸: نمودار تنش - کرنش ماده حلقه



شکل ۱۱: مقدار باز شدن دهانه حلقه بعد از شبیه سازی

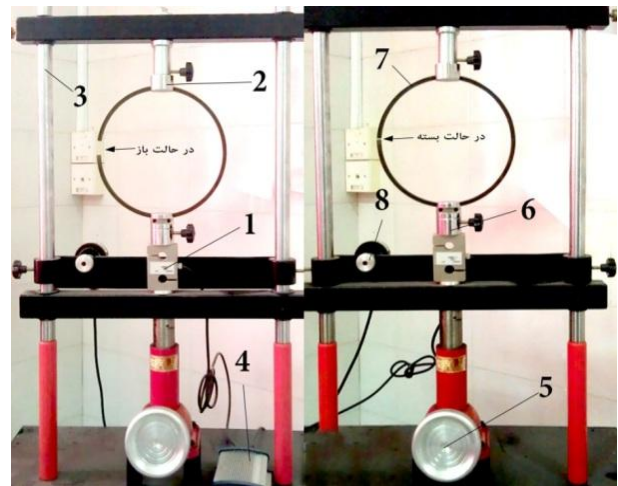


شکل ۹: نمودار نیروی وارده بر غلتک اصلی

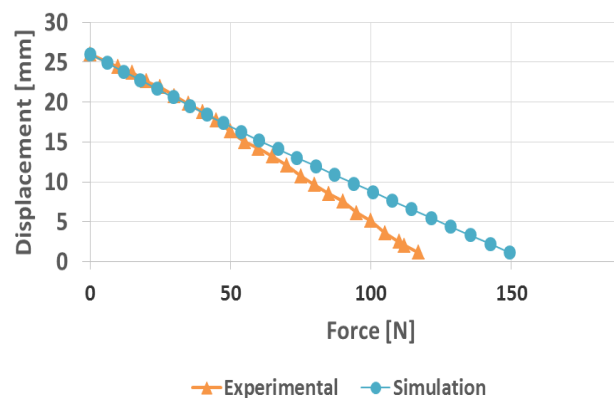
برای اطمینان از نتایج شبیه سازی، یک حلقه ساده نیز شبیه سازی شد و نتایج حاصل از آن با نتایج تجربی مقایسه شد. مقایسه نتایج، حاکی از خطای قابل قبول شبیه سازی ها است و می توان با در نظر گرفتن خطای ناشی از شبیه سازی، از نتایج اجزا محدود به دست آمده در موارد لازم استفاده کرد.

References

- [1] M.J. Neal, The tribology handbook, D5.1-D5.5, 1995
- [2] Metals handbook, ASM International, 9th Edition, Vol. 18, pp. 554-558, 1990
- [3] O. Reynolds, On the theory of lubrication, Part 1, Papers on mechanical and physical subject, Cambridge, University Press, 1886
- [4] W. Ebner, O. Jaschek, The importance of blow-by measurements, Measuring equipment required and implementation, SAE International, Paper No. 981081, 1998
- [5] L. Li, H. Yang, L. Guo, A control method of guide rolls in 3D-FE simulation of ring rolling, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 205, No. 1-3, pp. 99-110, 2008
- [6] J.M. Allwood, A structured search for novel manufacturing processes leading to a periodic table of ring rolling machines, Journal of Mechanical Design, Vol. 129, No. 5, pp. 502-511, 2007
- [7] M.S. Joun, J.H. Chung, R. Shivpuri, An axisymmetric forging approach to preform design in ring rolling using a rigid-viscoplastic finite element method, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 38, No. 10-11, pp. 1183-1191, 1998
- [8] H. Haji Nazari, M. Monirvaghefi, F. Ashrafizadeh, Evaluation of tribology behavior of cast iron piston ring and effect of plasma nitriding, Surface Engineering and Heat Treatment Conference, Iran, 2006
- [9] C.E. Pinedo, The use of selective plasma nitriding on piston rings for performance improvement, Materials and Design, Vol. 24, No. 12, pp. 131-135, 2003
- [10] M.R. Forouzan, M. Salimi, Guide roll simulation in FE analysis of ring rolling, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 142, No. 1, pp. 213-223, 2003
- [11] L. Li, H. Yang, G. Guo, Z. Sun, A control method of guide rolls in 3D-FE simulation of ring rolling, Journal of Material Processing Technology, Vol. 205, No. 1-3, pp. 99-110, 2008
- [12] M.B. Limoei, Fundamental of metal forming, 2nd Edition, Jahesh Publication, 2008
- [13] Z.J. Szabo, E. Dittrich, Manufacturing systems for the production seamless-rolled rings, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 60, pp. 67-72, 1996



شکل ۱۲: مشخصات دستگاه آزمون فشار



شکل ۱۳: مقایسه نیرو در حالت تجربی و شبیه سازی

پس از قرارگیری حلقه روی دستگاه، با نیرویی که به حلقه وارد می شود، اندازه دهانه حلقه به مقدار مجاز یعنی ۱٫۱۵ میلی متر رسانده می شود. در این وضعیت، مقدار نیروی حلقه به گیره ها، با نیرو سنج رقمی محاسبه می شود. با اندازه گیری فاصله دو لبه حلقه در همان نیرو، نموداری مطابق شکل (۱۳) حاصل خواهد شد، که پس از شبیه سازی فرآیند، مقادیر حاصل با حالت عملی مطابقت داده شده است. همان طور که از شکل پیداست اندازه این شبیه سازی با جواب بدست آمده در حالت عملی نزدیک است. در این حالت مقدار خطا برای نیرو برابر با ۳٫۶۳٪ و برای جابجایی دهانه برابر با ۱٫۷۷٪ است.

۴ نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا روشی جدید برای شبیه سازی و محاسبه نیروی حلقه به همراه مقدار تنش پسماند ارائه شد. سپس تأثیر آن بر فاصله دهانه حلقه بیان گردید. همچنین شبیه سازی فرآیند نورد حلقه برای تولید حلقه موتور RK215 صورت گرفت. نورد به صورت شعاعی است و تمامی غلتک های اصلی، محرک و راهنما در شبیه سازی ها لحاظ شده اند.

[15] M.R. Forouzan, M. Salimi, M.S. Gadala, Three-dimensional FE analysis of ring rolling by employing thermal spokes method, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 45, pp. 1975-1998, 2003

[14] N. Anjami, A. Basti, Investigation of rolls size effects on hot ring rolling process by coupled thermo-mechanical 3D-FEA, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, pp. 1364-1377, 2010



The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineersearch.ir



Simulating and prototyping of a compression ring for diesel engine regarding required spring back force

M. Khalilzadeh¹, M.A. Hosseini^{2*}, J. Ghasemi³, E. Ashari⁴

¹Mechanical Engineering Department, Islamic Azad University, Sari Branch, Sari, Iran, khalilzadeh.meisam@yahoo.com

²Mechanical Engineering Department, University of Mazandaran, Babolsar, Iran, ma.hosseini@umz.ac.ir

³Electrical Engineering Department, University of Mazandaran, Babolsar, Iran, j.ghasemi@umz.ac.ir

⁴Mechanical Engineering Department, Islamic Azad University, Sari Branch, Sari, Iran, ashari.ehsan@gmail.com

*Corresponding Author, Phone Number: +98-112-5342902

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 18 February 2014

Accepted: 16 March 2014

Keywords:

Hot ring rolling

ANSYS software

Spring back

Diesel engine

ABSTRACT

In this study, the process of producing Ruston RK215 diesel engine rings is investigated by using the hot rolling process. In order to insure results, simulation results, concluded by the ANSYS workbench software, have been compared to experimental results. Details of the analysis and tensile tests were obtained and used in the simulation process. The hot rolling process was applied in order to create the necessary residual stress to provide the spring back force, which was required for the installation in the engine. Results of physical tests on produced parts, confirmed the accuracy of the residual stress as well as the created necessary pressure required for the spring force, when the cylinder was aligned.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.