Archive of SID

فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

شبیه‌سازی اصطکاک سامانهٔ سمبه و حلقهٔ موتور ملی در شرایط موتور گردانی و احتراقی و بررسی تأثیر لقی بین سمبه و استوانه در آن

مجتبی محرابی وقار[1]، محمد علی احترام[2*]، پیمان شرقی[3]، اصغر پاداش[4]

[1] دانشگاه ایران خودرو، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران m_mehrabi@ip-co.com
[2] دانشگاه شهید بهشتی ، تهران، ایران m_ehteram@ip-co.com
[3] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران p_sharghi@ip-co.com
[4] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران a_padash@ip-co.com
[*] نویسندهٔ مسئول

چکیده

یکی از موضوعات بسیار مهم که در بازده موتور تأثیر بسزایی دارد اصطکاک داخلی موتور است. در این مقاله نحوهٔ اصطکاک مجموعهٔ سمبه و استوانهٔ موتور EF7 توسط نرم‌افزار AVL Excite شبیه‌سازی شده است. در نهایت نتایج حاصل از آزمون با نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای اعتبارسنجی الگوی شبیه‌سازی شده، مقایسه شد. سپس مقدار اصطکاک موتور برای لقی های دیگر، توسط شبیه‌سازی ارائه شده به دست آمد. همچنین اصطکاک موتور در شرایط احتراق نیز به دست آمد و مقدار آن با حالت موتورگردانی مقایسه شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در حالت موتورگردانی با افزایش لقی سمبه و حلقه، مقدار اصطکاک در سرعت‌های کمتر از 3000 د.د.د. (دور در دقیقه) تغییر چندانی نمی‌کند. اما افزایش لقی از 30 به 80 میکرومتر در سرعت 6000 د.د.د.، سبب حدود 20% کاهش اصطکاک می‌شود. همچنین دیده شد که احتراق منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در اصطکاک موتور می‌شود.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت: 30 آذر 1394
پذیرش: 29 بهمن 1394

کلیدواژه‌ها:
اصطکاک
سمبه
حلقه
لقی
موتورگردانی

www.SID.ir

Archive of SID

1. مقدمه

یکی از مسائل مهم در موتورهای احتراق داخلی، بازده موتور است. امروزه سعی بر +آن است تا با ضعیف کردن اصطکاک داخلی موتور مقدار بازده را افزایش دهند. یکی از مجموعه های تأثیر گذار در اصطکاک داخلی موتور اصطکاک مجموعه حلقه و سمبه است که متأثر از عوامل زیادی مانند مقدار لقی بین سمبه و استوانه است.

در این مقاله سعی می شود به شبیه سازیی نحوهٔ اصطکاک سامانهٔ سمبه و حلقهٔ موتور ملی و مقایسهٔ نتایج حاصل از شبیه سازی با آزمون تجربی برای بدست آوردن الگوی دقیق از این سامانه، انجام می پذیرد. همچنین در این مقاله چگونگی اثر لقی بین سمبه و استوانه در اصطکاک شبیه‌سازی می‌شود.

برای اینکار نرم‌افزار AVL-EXCITE-PISTON AND RING استفاده شد. در انتها با شبیه سازی شرایط احتراقی سامانهٔ سمبه و حلقه در نرم‌افزار مقدار اصطکاک با حالت موتورگردانی با اصطکاک در حالت احتراقی مقایسه شد. همچنین مقایسهٔ بین اصطکاک مجموعهٔ سمبه و استوانه در حالت موتورگردانی با اصطکاک در حالت احتراقی انجام گرفت. در این نرم‌افزار ورودی هایی از مشخصه‌های موادی و ابعادی سمبه، حلقه، آستری، محور سمبه و دسته سمبه باید وارد شود. برای محاسبهٔ هرچه بهتر ورودی‌ها باید به طور دقیق به نرم‌افزار داده شود.

تاکی‌گوچی[1] و همکاران لقی بین سمبه و استوانه را با هدف بهینه‌کردن صدا و ارتعاشات ناشی از ضربات سمبه به استوانه بررسی کردند. بهینه سازی لقی منجر به کم شدن لقی بین سمبه و استوانه می شد که تاکی‌گوچی و همکاران باید بهینه سازی را تاحدی انجام می‌دادند که منجر به افزایش اصطکاک و سایش سمبه نشود. آنها اثر قسمت‌های مختلف سمبه در اصطکاک زا بررسی کردند [1].

هانس[2] و هوبرت[3] با شبیه سازی مجموعهٔ سمبه، حلقه و استوانه اثر کشش حلقه روی برخی از متغیرهای موتور از جمله اصطکاک بین حلقه و استوانه را بررسی کردند. آنها اصطکاک را بصورت مجزا در رینگ‌های مختلف و در شرایط مختلف شبیه‌سازی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌داد که اثر کشش حلقه بیشترین تأثیر را در اصطکاک رینگ روغن به نسبت حلقه‌های اول و دوم می‌گذارند و کشش حلقه اثر مستقیم در اصطکاک دارد [2].

در بعضی مقالات تأثیر مواردی همچون انحراف مرکز[4] محور سمبه[5] و یا محور میل‌لنگ در اصطکاک بررسی شده است.

مادن[6] و کیم[7] در سال 2006 با انجام آزمون تجربی اثر تغییر طراحی دامن سمبه و لقی آن در اصطکاک و صدا[8] مجموعهٔ سمبه را بررسی کردند. آنها آزمایش‌های خود را روی موتوری تک استوانه و در حالت احتراقی انجام دادند و هر سمبهٔ طراحی دامن مشخص را با لقی‌های مختلف آزمایش کردند و اثر آن را در اصطکاک و صدای موتور اندازه‌گیری کردند [3].

ناکایاما[9] و همکاران در سال 2000 مقاله ای با همین عنوان ارائه دادند. در این مقاله همان طور که گفته شد مقدار اصطکاک مجموعهٔ سمبه در شرایطی که محور میل‌لنگ با مرکز انحراف داشت اندازه‌گیری شده بود [4].

2. شبیه‌سازی

همان طور که گفته شد برای شبیه سازی اصطکاک مجموعهٔ سمبه از نرم‌افزار AVL-EXCITE-PISTON AND RING استفاده می‌شود. این نرم‌افزار قابلیت های قابل قبولی در شبیه سازی متغیرهایی نظیر اصطکاک، نیرو، شتاب، سرعت و فشار مجموعهٔ سمبه و حلقه دارد. در شبیه سازی ابتدا باید داده‌های عمومی موتور نظیر قطر استوانه، طول دسته سمبه، شعاع میل‌لنگ، انحراف محور سمبه و گام سمبه را به نرم‌افزار داد. در قدم بعد داده‌های سمبه که شامل داده‌های ابعاد، مواد و دما است، برای نرم‌افزار تعریف می‌شود. داده‌های ابعادی سمبه شامل داده‌های ابعاد دقیق مانند ارتفاع سمبه، فاصله مرکز جرم سمبه تا محور سمبه و شکل دامن سمبه است. شکل 1 شکل تغیرات سطح دامن سمبه را بر حسب میکرومتر نشان می‌دهد [5].

شکل 1 از سمت فشاری[10] دامن سمبه موتور تا وسط سمت فشاری ضعیف[11] آن است که نیمه دیگر قرینه این نیمه است. سطح تماسی سمبه با آستری به همراه دقت دانه بندی نیز باید وارد داده های نرم‌افزار شود. شکل 2 سطح تماسی سمبه را نشان می‌دهد.

بدلیل اینکه سمبهٔ موتور ملی دارای دامن سرتاسری[12] نیست سطح تماسی آن در محل محور سمبه فرو رفتگی دارد که در تعریف سطح تماسی فقط دامن سمبه در دو سمت فشاری ضعیف و قوی لحاظ می‌شود [5].

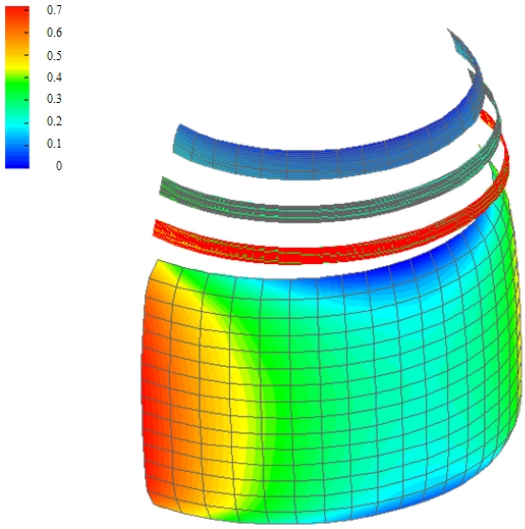
داده‌های موادی نظیر ضریب انبساط و سختی سمبه نیز از جمله داده های موادی این قطعه است. توزیع دما در ارتفاع های مختلف سمبه نیز باید وارد شود. یکی دیگر از اطلاعات مهم در شبیه سازی سمبه مشخصه‌های اصطکاکی است که خود نرم‌افزار برای موتورهای بنزینی این ضرایب را پیشنهاد می‌دهد. دیگر قطعهٔ مهم

1- Massaki Takiguchi
2 - Hans
3 - Hubert
4 - Offset
5 - Piston Pin
6 - Dermot Madden
7 - Kwangsoo Kim
8 - Noise
9 - Nakayama
10 - Thrust
11 - Anti-thrust
12 - Full Skirt

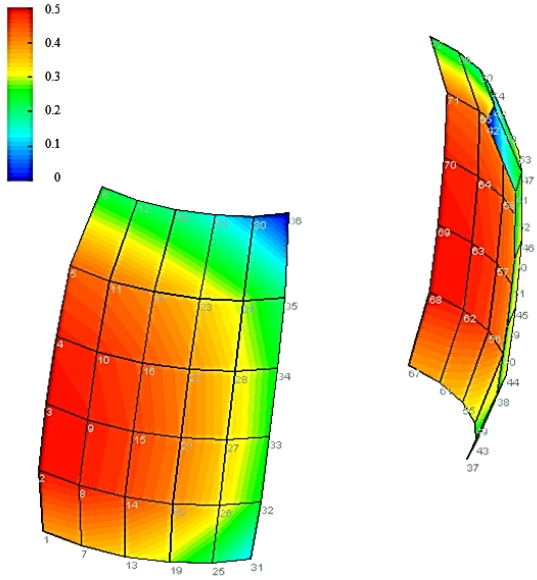
www.SID.ir

Archive of SID

برای شبیه سازی در نرم‌افزار حلقه ا ست، داده‌های حلقه نیز شامل داده‌هایی مربوط به مواد، ابعاد، دما و لقی آن در سمبه است.

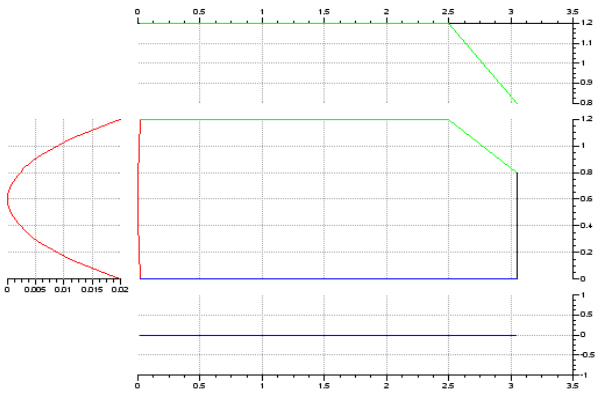


شکل 1: شکل سمبه در موتور EF7



شکل 2: شکل سطح تماسی سمبه

شکل 3 سطح مقطع حلقهٔ اول را نشان می‌دهد [5].



شکل 3: سطح مقطع حلقهٔ اول

حلقه‌های دوم و سوم نیز با شکل متفاوت شبیه‌سازی می‌شود.

برای شبیه‌سازی پویایی حلقهٔ سمبه، پیش فرض های زیر در نظرگرفته شده است [6]:

- به طور همزمان محاسبات در دو سمت فشاری و غیر فشاری سمبه انجام شده است.
- حلقه‌ها نزدیک به هم هستند و می‌توان مانند جرمی تنها آنها را در نظر گرفت.
- از نیروهای جرمی در جهت شعاعی حلقه می‌توان صرف نظر کرد. (از تغییرات جزئی ناشی از ضخامت فیلم روغن صرف نظر می‌شود).
- نیروی اصطکاک شعاعی بین جناحین حلقه و شیار حلقه با استفاده از Friction Function با توجه به معادله Stribeck محاسبه می‌شود. معادله‌های 1 و 2، معادلات حاکم بر این محاسبات را نشان می‌دهد [5].

$$F_f^{Piston\ Liner} = F_n \mu \qquad (1)$$

$$\mu = f\left(\frac{\nu}{A\nu^2 + B|\nu| + C} + D\nu\right) \qquad (2)$$

در معادلات 1 و 2، ضرایب A، B، C و D به شرح زیر است.

A: 57 متر بر ثانیه برای موتورهای بنزینی احتراق داخلی

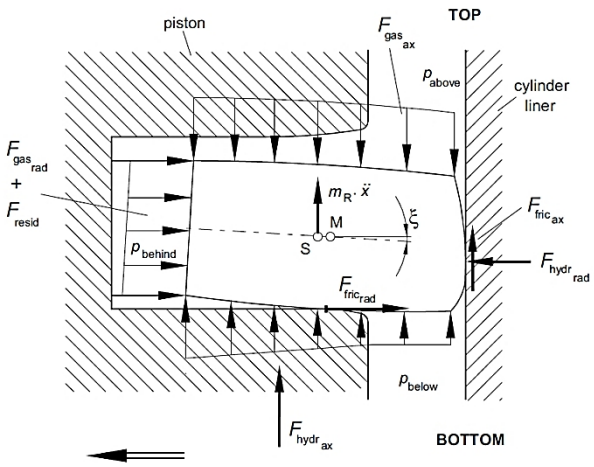
B: برابر صفر

C: 1,5 متر بر ثانیه

D: برابر 3.6×10^{-4} ثانیه بر متر برای موتورهای بنزینی احتراق داخلی

F ضریب Friction change است که با مقایسه با آزمون تجربی برای این موتور برابر 0,04 بدست آمد.

نیروهای وارده به حلقه مطابق شکل 4 اعمال می‌شوند [5].



شکل 4: نیروهای فعال در حلقهٔ سمبه

نیروهای وارده به حلقه در جهت محوری عبارتند از [6]:

www.SID.ir

Archive of SID

- نیروی جرمی (از جمله جاذبه و حرکت چرخشی سمبه)
- نیروی اصطکاک بین استوانه وسطح حلقه در حال حرکت
- نیروی گاز
- نیروی نوسانات ناشی از پر بودن شیار از روغن
- نیروی خمیدگی ناشی از فعل و انفعال بین سمت فشاری و غیرفشاری

نیروهای وارده به حلقه در جهت شعاعی عبارتند از [6]:

- نیروی ناشی از کشش حلقه
- نیروی گاز
- نیروی اصطکاک بین حلقه و شیار سمبه
- نیروی ناشی از فشار هیدرودینامیکی در شکاف میان استوانه وسطح حلقه در حالت کار (شامل نیروی میرایی شعاعی)

نیروی تماس بین استوانه و سطح حلقه در حال کار بدین شرح است [6]:

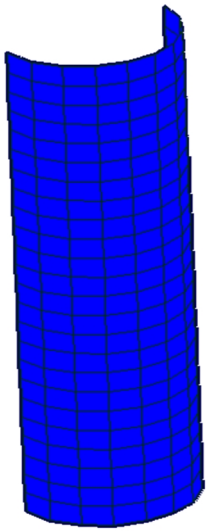
$$F_{contact} = F_{gas} + F_{tension} + F_{friction} \quad (3)$$

در صورت منفی بودن این نیرو، حلقه از سطح استوانه جدا می‌شود.

برای شبیه‌سازی استوانه نیز اطلاعات مربوط به ابعاد و همچنین توزیع دما در ارتفاع آن را باید به عنوان ورودی به نرم‌افزار داد. شکل 5 شکل استوانهٔ دانه بندی شده در نرم‌افزار را نشان می‌دهد [5].

دو قطعهٔ دیگر که در سامانهٔ سمبه و حلقهٔ این نرم‌افزار نیاز به شبیه‌سازی دارد، محور سمبه و دسته سمبه است. اطلاعات درخواستی برای دسته سمبه تنها شامل وزن و گشتاور اینرسی بوده است.

برای دسته سمبه نیز علاوه بر این داده‌ها باید قطر چشم‌های کوچک و بزرگ و همچنین فاصلهٔ مرکز جرم آن را تا مرکز چشم بزرگ را بهمراه متغیرها اصطکاکی وارد نمود [5].



شکل 5: استوانهٔ شبکه بندی شده

نکتهٔ مهم در شبیه‌سازی اصطکاک مجموعهٔ حلقه و سمبه وارد کردن اطلاعات صحیح متناسب با شرایط کارکرد موتور در آزمون موتور گردانی[13] است.

برای مقایسهٔ دقیق نتایج شبیه‌سازی با روش موتور گردانی وارد کردن داده‌های مناسب از فشار و دمای محفظهٔ احتراق به نرم‌افزار است.

با توجه به اینکه در روش موتور گردانی از اثر دما و فشار احتراق چشم پوشی می‌شود باید در پنجرهٔ مربوط به این اطلاعات در نرم‌افزار، دمای و فشار احتراق متناسب با شرایط آزمون را به نرم‌افزار داد.

دمای قطعات موتور نظیر سمبه باید متناسب با دمای روغن به نرم‌افزار داده شود که دلیل آن انتقال حرارت دائم روغن به سمبه و نبود احتراق در بالای سطح آن است. فشار احتراق استوانه نیز با توجه به اینکه بالای سمبه به محیط وصل است برابر با فشار محیط در نرم‌افزار تعریف می‌شود [5].

3. روش آزمون تجربی

برای اجرای آزمون اصطکاکی روی مجموعهٔ حلقه و سمبهٔ موتور ملی از روش موتور گردانی استفاده شد. در این روش برای بدست آوردن اصطکاک تک تک هر سامانهٔ موتور ابتدا اصطکاک کلی موتور را بدست می‌آوردند.

برای بدست آوردن اصطکاک از موتوری برقی برای چرخاندن میل‌لنگ موتور استفاده می‌شود. بعد از اندازه‌گیری اصطکاک کل موتور اقدام به جدا کردن هر یک از سامانه‌های موتور می‌کنند.

مقدار گشتاور حاصل شده بعد از باز کردن هر سامانه از روی موتور منهای اصطکاک کل موتور می‌شود که در نهایت مقدار اصطکاک سامانهٔ مورد نظر را نشان می‌دهد.

به این ترتیب هر سامانه که از روی موتور کم می شود اصطکاک آن نیز از اصطکاک کل موتور کاسته می‌شود. در نهایت برای بدست آوردن اصطکاک مجموعهٔ حلقهٔ سمبه باید اصطکاک مجموعهٔ میل‌لنگ، حلقه و سمبه را در شرایطی بدست آورد که فقط همین سامانه‌ها روی بدنه باشند و در انتها سمبه و حلقه‌ها را باز کرده و اصطکاک میل‌لنگ را به تنهایی اندازه‌گیری کرد.

در انتها گشتاور مجموعهٔ لنگ و لغزنده از اصطکاک مجموعهٔ لنگ کسر می‌شود و در نهایت اصطکاک مجموعهٔ حلقه و سمبه به طور مستقل محاسبه می‌شود.

شایان ذکر است که این آزمون طبق روش شرکت FEV[14] آلمان و با 12686-0100SD-019 (FEV Strip-Method) انجام گرفته است. گفتنی است این آزمون می‌تواند در دماهای روغن و آب مختلف

[13] Motoring

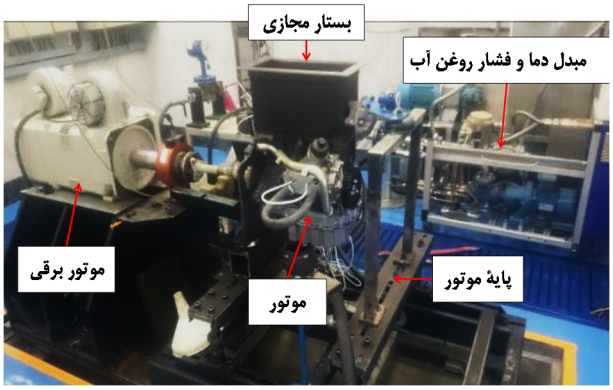
[14]- این شرکت یکی از شرکت‌های شناخته شده در زمینه طراحی و آزمون‌های موتوری است.

www.SID.ir

Archive of SID

انجام شـود که در این مقاله فقط دمای 90 درجهٔ سـانتیگراد مقایسـه شده است [7].

شـکل 6 نمایی از اتاق آزمون اصـطکاکی را به همراه تجهیزات مهم اتاق نشان می‌دهد.

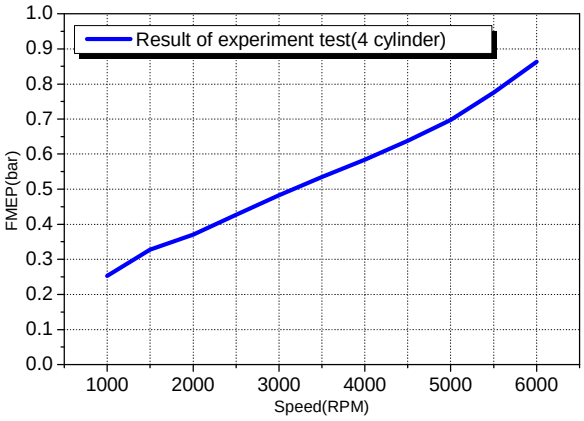


شکل 6: نمایی از اتاق آزمون اصطکاکی

موتور برقی استفاده شده در اتاق اصطکاکی دارای بیشینهٔ توان تولیدی برابر 60 کیلووات و بیشینهٔ گشتاور 143 نیوتن متر و بیشینهٔ سرعت 10000 د.د.د. است و همچنین ولتاژ تغذیهٔ آن برابر 360 ولت و جریان مصرفی 113 آمپر است.

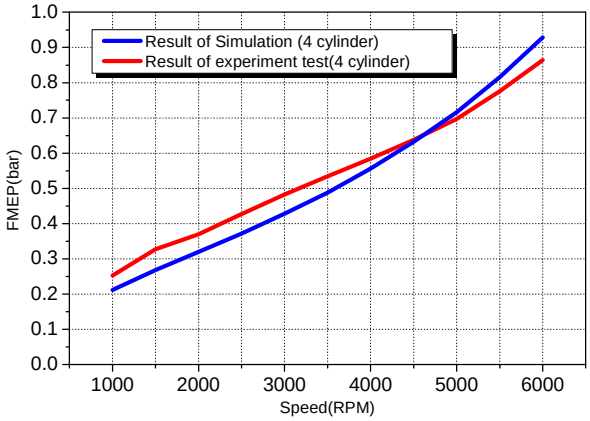
4. نتایج آزمون

نتایج تجربی آزمون اصطکاک مجموعهٔ حلقه و سمبه برای موتور ملی 4 اسـتوانه در شـرایطی که دمای آب و روغن موتور روی 90 درجه سانتیگراد ثابت شده بود در شکل 7 نشان داده شده است. این آزمون با لقی اسـتاندارد 50 میکرومتر انجام شـده اسـت که براسـاس آن شبیه‌سازی نیز در این لقی انجام می‌گیرد.



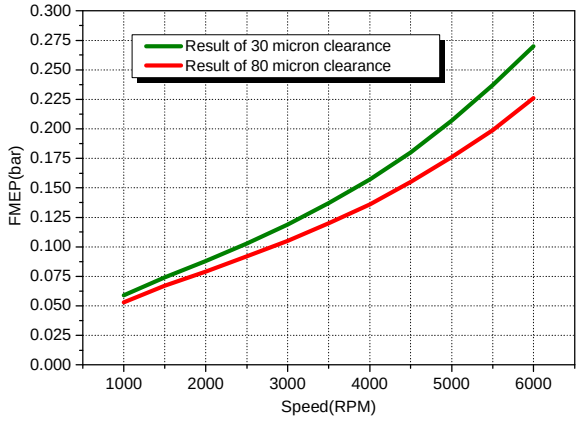
شکل 7: نتایج تجربی آزمون اصطکاک برای مجموعهٔ حلقه و سمبه موتور مرجع

نمودار نشان داده شده برای موتور 4 استوانه است که برای مقایسهٔ این نتایج با نتایج حاصل از شبیه‌سازی باید تقسیم بر 4 شود که دلیل آن این است که در شبیه سازی نتایج برای یکی از استوانه‌های موتور محاسـبه شـده اسـت. شـکل 8 نتایج حاصـل از آزمون تجربی را در مقایسه با شبیه سازی صورت گرفته برای موتور 1 استوانه در دمای روغن و آب 90 درجهٔ سانتیگراد نمایش می‌دهد.



شکل 8: مقایسهٔ نتایج تجربی با شبیه‌سازی برای موتور یک استوانه برای مجموعهٔ حلقه و سمبه

شکل 8 نشان از دقت قابل قبول در شبیه سازی در مقایسه با نتایج حاصل از آزمون تجربی در لقی 50 میکرومتر دارد. بعد از مقایسهٔ نتایج نظری و تجربی و اطمینان از صـحت نتایج، برای مقایسـهٔ اثر لقی، مقدار لقی بین سـمبه و اسـتوانه در نرم‌افزار تغییر داده شـد. شـکل 9 مقایسهٔ بین نتایج حاصل از شبیه سازی با دو لقی 30 و 80 میکرومتر را در شرایط موتور گردانی در موتوری یک استوانه را نشان می‌دهد.



شگل 9: مقایسهٔ نتایج شبیه‌سازی برای موتور یک استوانه با لقی 30 و 80 میکرون

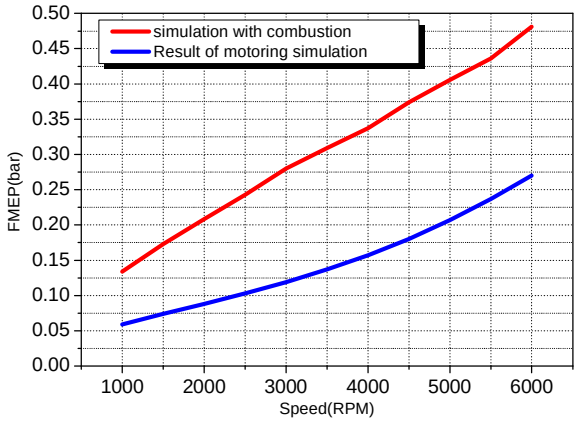
شکل 9، نشان می‌دهد که تغییر لقی از 30 به 80 میکرومتر در شرایط موتور گردانی در دمای روغن و آب 90 درجهٔ سـانتیگراد اثر چندانی در اصـطکاک مجموعهٔ سـمبه و حلقه نداشـته که این پدیده در دورهای کند، محسوس تر است.

یکی دیگر از عواملی که تأثیر زیادی در اصطکاک دارد فشار و دمای احتراق موتور اسـت. در شـرایط موتور گردانی به خاطر عدم وجود

www.SID.ir

Archive of SID

احتراق به وا سطه شرایط آزمون اثر این پدیده در ا صطکاک مجموعهٔ سمبه و حلقه دیده نمی شود. حال با قرار دادن شرایط احتراقی موتور اعم از فشـار و دمای محفظهٔ احتراق و قطعات موتور در شـبیه‌سـازی ارائه شده می‌توان اثر این پدیده را در اصطکاک این مجموعه مشاهده نمود. شکل 10 مقایسهٔ بین نتایج اصطکاک حاصل از شبیه‌سازی با و بدون در نظر گرفتن احتراق در لقی 80 میکرومتر بین سمبه و ا ستوانه را در موتور یک استوانه نشان می‌دهد.

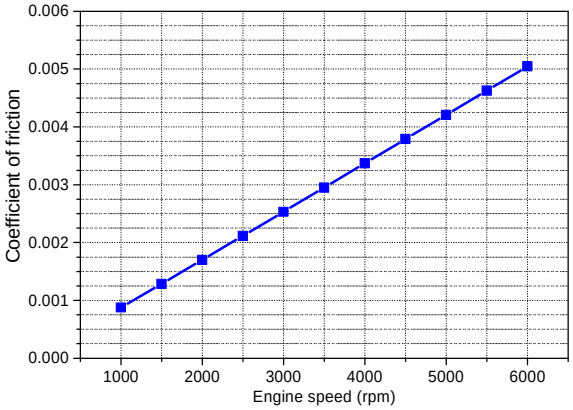


شکل 10: مقایسهٔ بین نتایج حاصل از شبیه‌سازی با و بدون در نظر گرفتن احتراق با لقی 80 میکرومتر

5. نتیجه گیری

همان طور که نتایج نشـان می‌دهد، در صـورت در نظر گرفتن دما و فشـار احتراق، به علت افزایش قطر سـمبه متأثر از دما و همچنین افزایش فشـار پشـت حلقه، اصـطکاک سـامانهٔ سـمبه و حلقه دو برابر حالت موتور گردانی می‌شـود که این نشـان از تأثیر قوی دما و فشـار احتراق در اصطکاک سامانهٔ لغزنده موتور دارد. همچنین در سرعت‌های تند در حالت موتور گردانی اصـطکاک مجموعه حلقه و سـمبه برابر با 0,48 بار است که در صورت فرض 4 استوانه بودن موتور، این اختلاف بیشتر هم می‌شود. همچنین دلیل افزایش اصطکاک با افزایش سرعت موتور، بخاطر افزایش مسافت طی شده سمبه در واحد زمان ا ست که باعث قوی شدن مقدار ضریب ا صطکاک می شود. شکل 11 ضریب ا صطکاک محا سبه شده با توجه به معادله (2) در شبیه سازی را در سرعت‌های مختلف موتور نشان می‌دهد.

همچنین نتایج آزمون نشان می‌دهد که با فرض یکسان بودن شرایط مرزی موتور مانند دما و فشـار احتراق و دمای قطعات سـامانهٔ حلقه و سـمبه در نرم‌افزار با آزمون تجربی، می‌توان الگوی قابل قبولی برای ارزیابی رفتار اصطکاکی مجموعهٔ سمبه و حلقه شبیه‌سازی نمود. نتایج مقایسهٔ حا صل از شبیه سازی با دو لقی 30 و 80 میکرومتر نشان داد که در شرایط موتور گردانی سهم اصطکاک مجموعهٔ سمبه و حلقه در شـرایط لقی 30 و 80 میکرومتر در د مای آب و روغن 90 در جه سـانتیگراد کم اسـت که همین اثر کم نیز در سـرعت‌های کند بسـیار کمتر از سـرعت‌های تند اسـت. می‌توان گفت لقی در شـرایط موتور گردانی بخصوص در سرعت‌های کُند، اثر کمی در اصطکاک دارد. همچنین اثر فشار و دمای احتراق نسبت به شرایط موتور گردانی خیلی زیاد بوده به طوری که با یک لقی یکسان در شرایط احتراقی اصطکاک مجموعه حلقه و سمبه دوبرابر حالت موتور گردانی می‌شود.



شکل 11: ضریب اصطکاک محاسباتی بین سمبه و استوانه در سرعت‌های مختلف موتور

این نتایج نشـان از اثر شـدید فشـار و دمای احتراق در اصـطکاک مجموعه حلقه و سمبه دارد که این نتایج حاکی از آن ا ست که آزمون موتور گردانی برای اندازه‌گیری ا صطکاک دقیق این مجموعه خاص از موتور، روش دقیقی نیسـت و فقط جنبه مقایسـه‌ای بین موتورهای گوناگون دارد. در نهایت با با بهره گیری از الگوی منا سب ا صطکاکی مجموعهٔ سمبه، حلقه و ا ستوانه می‌توان با تغییر هر یک از متغیرهای سامانهٔ حلقه و سمبه در نرم‌افزار، می‌توان اثر هر کدام از این متغیرها را در اصطکاک موتور ارزیابی کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله، از شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، برای حمایت مالی از این تحقیق، قدردانی می‌نماید. ضـمناً از آقای مهندس سـلطانی و همچنین از کارکنان آزمایشـگاه موتور ایپکو نیز، تشکر می‌شود.

مراجع و منابع

[1] Takiguchi, Masaaki, Hidenori Kikuchi, and Shoichi Furuhama. Influence of clearance between piston and cylinder on piston friction. No. 881621. SAE Technical Paper, 1988.

[2] Priebsch, Hans H., and Hubert M. Herbst. "Simulation of Effects of Piston Ring Parameters on Ring Movement, Friction, Blowby and LOC.". MTZ. November 1999

[3] Dermot Madden and Kwangsoo Kim, Piston Friction and Noise Study of Three Different Piston

www.SID.ir

Archive of SID

Architectures for an Automotive Gasoline Engine, SAE TECHNICAL PAPER SERIES2006-01-0427
[4] Kei Nakayama, Seiji Tamaki, Hiroyuki Miki and Masaaki Takiguchi, The Effect of Crankshaft Offset on Piston Friction Force in a Gasoline Engine, SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2000-01-0922
[5] AVL GLIDE ,Version 4.5,Piston Ring Dynamics and Lube Oil Consumption User's Guide, June 2004

[6]حمید احترام، بررسی و شبیه‌سازی دبی و فشار گازهای نشتی از کنار حلقه‌ها در موتور ملی (EF7)، پایان نامه کارشناسی دانشگاه آزاد کاشان

[7] Report of Development of the 1.7l Bi-Fuel Engine. Report of Friction Measurements. Test No.: 12686-0100SD-019

www.SID.ir

Archive of SID

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Simulation of piston and ring friction at the motoring condition and investigation effect of combustion and clearance between the piston and cylinder

M. Mehrabi V.[1], M. A. Ehteram[2*], P. Sharghi[3], A. Padash[4]

[1] *Iran Khodro University, Iran Khodro Power train Company, Tehran, Iran, m_mehrabi@ip-co.com*
[2*] *Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, ehteram@ip-co.com*
[3] *Iran Khodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran, p_sharghi@ip-co.com*
[4] *Iran Khodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran, a_padash@ip-co.com*
[*] *Corresponding Author*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 20 December 2015
Accepted: 17 February 2016

Keywords:
Friction
Piston ring
Clearance
motoring

ABSTRACT

One of the most important matters that have a great effect on engine efficiency is engine internal friction. In this article the friction model of piston-cylinder mechanism has been numerically simulated for a 4 cylinders spark ignition engine. The results were validated and the test results have been compared with simulation results. Consequently, the effect of combustion pressure and temperature, on the friction of ring and piston has been studied. Also, the impact of piston clearance on engine friction has been numerically investigated. The simulation results showed that at speeds of less than 3000 rpm varying the piston-liner clearance cannot significantly change the engine friction. But increasing clearance from the 30 to 80 microns at 6,000 rpm caused about 20% reduction in friction. It was also seen that the consideration of combustion pressure and temperature leads to a considerable increase in the engine friction.

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

www.SID.ir