

## مطالعه تجربی چرخش جریان هوای ورودی به سیلندرهای موتور پرکینز تراکتور سازی ایران

رحیم ابراهیمی<sup>۱</sup>، شاهین بشارتی<sup>۲</sup>، حسن مهری دهنوی<sup>۳\*</sup>

گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(\* حسن مهری دهنوی: [hasan3631@yahoo.com](mailto:hasan3631@yahoo.com))

### چکیده

از عوامل موثر در کاهش دوده خروجی از موتورهای دیزل، خصوصاً موتورهای تزریق مستقیم، افزایش چرخش در جریان هوای ورودی به سیلندر می‌باشد. به گونه‌ای که این عامل باعث کاهش زمان مرحله ی سوم فرایند احتراق شده و کل زمان احتراق را پایین می‌آورد. به منظور بررسی کمی جریان چرخشی، پس از طراحی و ساخت دستگاه چرخش سنج، آزمایش بر روی یک کانال هوای بدون پیچش به ازای سرعت‌های متفاوت جریان هوای ورودی به هر یک از چهار سیلندر تراکتور ITM-285 انجام یافت. نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده بر روی این دستگاه با تحقیقات انجام شده مشابه بطوری کیفی تائید می‌شود. این دستگاه برای اولین بار مطابق با استاندارد های جهانی در دانشگاه ا و مراکز تحقیقاتی کشور ساخته و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق بر روی سیلندر های مختلف نشان داد که ضریب و جهت چرخش جریان هوای ورودی برای سیلندر های مختلف تراکتور ITM-285 متفاوت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دوده - جریان چرخشی - چرخش - دستگاه چرخش سنج

### 1- مقدمه

---

1- استادیار - دانشگاه شهرکرد

2- مربی - دانشگاه شهرکرد

3- دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه شهرکرد

مهمترین مشکل احتراق در موتور های دیزل، طولانی شدن فرآیند احتراق از شروع تزریق سوخت به داخل محفظه ی احتراق تا پایان احتراق می باشد. یکی از روش های کم کردن مرحله ی سوم احتراق در موتور های دیزل، افزایش سرعت اختلاط سوخت و هوا است که به وسیله ی جریان چرخشی این کار صورت می پذیرد. با فرض اینکه ایجاد جریان چرخشی باعث کاهش دمای محفظه ی احتراق در مرحله اول و ایجاد اختلال در مرحله اول احتراق نشود، می توان گفت که جریان چرخشی می تواند کل زمان احتراق موتور دیزل را بهبود بخشد. خصوصاً این تاثیر در موتور های تزریق مستقیم بیشتر خواهد بود. با کاهش زمانی مرحله سوم احتراق، مرحله ی نهایی احتراق زمان بیشتری برای اکسیداسیون دوده پیدا می کند و بدین وسیله باعث کاهش دوده خروجی از موتور دیزل می شود. [1].

در مطالعه ای که بر روی جریان چرخشی هوا (Swirl) ورودی به یک موتور چهار سوپاپه بوسیله دستگاه اندازه گیر جریان چرخشی (Swirl meter) انجام گرفت، مشخص شد که از لحاظ قرار گیری ترتیب سوپاپ های ورودی، قرار گرفتن سوپاپ ها در یک امتداد اثر گردابی بیشتر نسبت به سوپاپ های ورودی در امتداد های متفاوت دارند. در ضمن در این مقاله به اثر افزایش سوپاپ در کاهش دوده نیز اشاره شده است [2].

با توجه به تحقیقات انجام شده به ذکر این نکته می توان اشاره کرد که میزان و جهت دهی چرخش هوا در مسیر های خاصی در داخل سیلندر می تواند نقش موثری در مخلوط شدن سوخت و هوا داشته باشد و در نتیجه با ایجاد یک مخلوط همگن جهت احتراق بهتر و کنترل جهت و شدت شعله در داخل محفظه ی احتراق می توان استفاده نمود و این یکی از راه های امید بخش در افزایش سرعت سوختن سوخت می باشد [3].

در مطالعه ای عددی که بر روی اشکال مختلف موقعیت های سوپاپ های ورودی در یک موتور چهار سوپاپ با تزریق فشار بالا انجام شد، این نتیجه مشخص شد، که تغییر در موقعیت سوپاپ های ورودی بایستی همراه با جریان چرخشی هوای مورد نظر بلحاظ تامین راندمان و کاهش آلودگی در موتور های جدید دیزل باشد [4].

در مطالعه ای آزمایشگاهی که بوسیله لیزر بر روی یک موتور تزریق مستقیم دیزل انجام پذیرفت، مشخص شد که استفاده از لیزر یک روش بسیار ارزشمند در رابطه با مطالعه بر روی جریان چرخشی هوای ورودی به سیلندر و آماده سازی مخلوط می باشد [5].

در نتیجه با جهت دهی و ایجاد چرخش مناسب در جریان هوای ورودی به سیلندر می توان احتراق کامل تری را بوجود آورد. به منظور بررسی جهت و میزان چرخش جریان هوای به سیلندر می توان از دستگاه چرخش سنج استفاده کرد. این دستگاه می تواند به عنوان سنگ محکی جهت بررسی طراحی صحیح مجرای ورودی به هر سی لندر مورد استفاده قرار گیرد و همچنین از آن در طراحی اولیه مجرای ورودی بهره جست.

## 1-1- چرخش جریان هوای ورودی

چرخش جریان هوای ورودی معمولاً به صورت یک گردش ایجاد شده، حول محور سیلندر در هنگام شارژ سیلندر، تعریف می شود و در مرحله ی مکش با یک ممتمم زاویه ای اولیه درون محفظه سیلندر تشکیل می شود.

چرخش در برابر اصطکاک هایی که در سیکل موتور با آنها روبروست رو به کاهش می گذارد. یعنی اینکه در مرحله ی مکش جریان چرخشی تولید و در مراحل تراکم، احتراق و انبساط رو به کاهش می گذارد.

چرخش در موتور های دیزل و گاهی موتور های نیم دیزل و بعضی موتور های بنزینی پیشرفته ی امروزی جهت سرعت بخشیدن به عمل مخلوط شدن هوا و سوخت تزریق شده انجام می پذیرد. همچنین در بعضی موتور های اشتعال جرقه ای

برای سرعت بخشیدن به فرایند احتراق و در موتورهای دو زمانه برای بهبود بخشیدن به عمل جاروب کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در بعضی موتورها با طرح محفظه‌ی پیش احتراق، گردش ایجاد شده حول محفظه‌ی پیش احتراق را نیز چرخش می‌نامند.

## 1-2- اندازه گیری چرخش جریان هوا

تعیین ساختار واقعی جریان چرخشی در یک موتور واقعی در حال کار، بسیار مشکل می‌باشد. بنابراین اغلب برای تعیین میزان چرخش جریان هوای ورودی به سیلندر از آزمایش‌هایی با جریان‌های پایدار و یکنواخت و از دستگاه چرخش سنج، استفاده می‌شود. بدین منظور، هوا را به صورت یکنواخت از درون کانال هوای ورودی، از مسیر سوپاپی که بر روی سر سیلندر قرار دارد و میزان مشخص باز شده است به درون سیلندر مکش می‌کنند. در انتهای محفظه‌ی سیلندر یک توربین سبک قرار داده می‌شود که به آسانی حول محور سیلندر دوران می‌کند. کلا دستگاه‌های چرخش سنج به دو نوع زیر دسته بندی می‌شود.

الف - چرخش سنج توربینی (Paddle Wheel Swirl Meter)

ب - چرخش سنج ضربه‌ای (Impulse Swirl Meter)

در نوع اول با اندازه گیری سرعت دورانی توربین، از آن به عنوان معیاری در تعیین چرخش جریان استفاده می‌کنند. در حالیکه در چرخش سنج نوع دوم یا ضربه‌ای به وسیله‌ی حس کننده گشتاوری که روی محور چرخش سنج نصب شده است، از میزان گشتاوری که جریان چرخشی به آن اعمال می‌کند به عنوان معیاری در تعیین چرخش جریان استفاده می‌شود. این میزان گشتاور اعمال شده متناسب با شار ممتمم زاویه‌ای است که جریان چرخشی تولید می‌کند.

برای هر کدام از این دو نوع دستگاه چرخش سنج، ضریب چرخشی تعریف شده است، که اساساً مقایسه‌ای بین ممتمم زاویه‌ای جریان با ممتمم محوری‌اش می‌باشد. بر این اساس، ضریب چرخش، چرخش سنج نوع توربینی طبق رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$C_S = \frac{\omega_p B}{V_0} \quad (1)$$

که در رابطه  $\omega_p$  سرعت زاویه‌ی توربین می‌باشد. ( $\omega_p = 2\pi N_p$  و  $N_p$  سرعت دورانی توربین است).  $B$  هم قطر سیلندر می‌باشد.  $\omega_p B$  معادل  $2v_0$  یا دوبرابر سرعت مماسی در محیط سیلندر است.  $V_0$  هم سرعت محوری ایست که بطور تقریبی و خطای قابل قبول می‌تواند در شرایط پایدار از رابطه افت فشار در جریان‌های تراکم ناپذیر محاسبه شود [6].

$$V_0 = \left[ \frac{2(P_0 - P_C)}{\rho} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

یا اگر رابطه موجود برای جریان های تراکم پذیر استفاده شود، با فرض ایزونتروپیک بودن جریان هوا در شرایط گاز ایدال بدست می آید [6].

$$V_0 = \left\{ \frac{2\gamma}{(\gamma-1)} \frac{P_0}{\rho_0} \left[ 1 - \left( \frac{P_C}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \right\}^{1/2} \quad (3)$$

که زیر نویس های C مربوط به مقادیر سیلندر و مقادیر 0 مربوط به نقطه سکون بالادست جریان می باشد. سرعت  $V_0$  فشار  $P_0$  عبارتند از سرعت و فشار در بالا دست در جریان قبل از سوپاپ که معادل سرعت و فشار در مسیر است که با توجه رابطه (3) می تواند با توجه به فشار داخل سیلندر و نسبت گرمای ویژه ( $\gamma$ ) محاسبه می شود. اختلاف بین سرعت های قابل محاسبه از رابطه (1) و (3) بسیار ناچیز می باشد و استفاده از رابطه (2) با تقریب خوبی می تواند قابل استفاده واقع شود.

از این دستگاه جهت تعیین متغیرهایی چون سرعت جریان، جهت چرخش جریان ورودی به هر سیلندر، میزان بلندشدگی متفاوت سوپاپها، نصب انواع سرسیلندر با سوپاپهای مورد آزمایش استفاده نمود.

## 2- مواد و روش ها

از جمله اساسی ترین تجهیزاتی که در ساخت دستگاه چرخش سنج نیاز می باشد عبارتست از:

- 1 - منبع تامین جریان هوا باید به گونه ای باشد که بتواند جریان مورد نیاز در دهانه ورودی کانال و متعاقباً درون سیلندر را که معادل با پارامتر سرعت در موتور می باشد، تامین نماید.
- 2 - سرسیلندر و سوپاپهای موتوری که قرار است تا تحلیل جریانهای چرخشی بر روی آن انجام پذیرد، مورد نیاز است
- 3 - وجود میل بادامک موتور مورد آزمایش برای تعیین میزان باز شدگی سوپاپها، نیاز است.
- 4 - جهت بررسی جهت جریان در درون سیلندر، به بوش پلکسی کلاس یا شیشه ای هم قطر با سیلندر موتور مورد آزمایش، نیاز است در غیر این صورت همان بوش فلزی مورد استفاده در موتور کافی ایست.
- 5 - توربینی با ابعاد معین، جهت نصب در انتهای محفظه سیلندر، به گونه ای که تا حد امکان سبک بوده و نسبت به جریان های ایجاد شده و تغییرات پارامترهای متفاوت از خود حساسیت نشان دهد. ابعاد توربین متناسب با قطر سیلندر موتور مورد آزمایش می باشد
- 6 - لوله ی پیتوت، جهت اندازه گیری سرعت جریان هوادر درون سیلندر.
- 7 - مانومتر، جهت اندازه گیری افت فشار در جریان بالادست و پایین دست دهانه ی سوپاپ ورودی.
- 8 - دستگاه دورسنج اپتیکی جهت اندازه گیری سرعت دورانی توربین.

اساس کار دستگاه چرخش سنج توربینی (شکل 1)، بدین گونه است که بعد از نصب سرسیلندر و مجاری ورودی و تنظیم میزان باز شدگی سوپاپ بر روی این دستگاه، با ایجاد شرایطی مطابق با شرایط واقعی جریان درون موتور در حال کار، به اندازه گیری جریان چرخشی هوای ورودی حاصل از مجاری ورودی و سوپاپ‌ها به موتور می‌پردازند.



شکل (1) دستگاه چرخش سنج ساخته شده در این تحقیق [7].

به جای محفظه سیلندر آن هم می‌توان از بوش سیلندر موتور که دارای قطر مشخص و دیواره داخلی صیقلی شده است استفاده نمود و یا اینکه به منظور مشاهده و بررسی جهت چرخش جریان و همچنین عکس برداری از شکل گرداب در مقطع - های مشخصی از ارتفاع سیلندر که توسط گازهای رنگی و یا ذرات معلق وارد شده به جریان هوای ورودی به سیلندر پدیدار شده است، از سیلندر شیشه‌ای هم قطر با سیلندر موتور مورد آزمایش استفاده نمود.

برای اندازه گیری میزان چرخش جریان هوا از توربین سبکی که در انتهای محفظه ی سیلندر، در مکانی که قطری بین 1 تا 1.75 برابر قطر سیلندر دارد، نصب شده است استفاده می‌کنند [6]. از طرف دیگر بایستی جریان هوا را با سرعتی معینی از طریق مانیفولد ورودی به درون سیلندر مکیده شود .

هوا توسط موتور مکنده از طریق مانیفولد ورودی وارد سرسیلندر شده و در ضمن چرخش حول محور سوپاپ پس از خروج از نشیمنگاه آن وارد سیلندر شده و پس از چرخش حول محور سیلندر به توربین سبکی که در انتهای سیلندر نصب

شده است برخورد کرده و سبب چرخش آن می‌شود و سپس وارد مخزن تعدیل کننده جریان شده و در ادامه‌ی مسیر از لوله‌ی که در آن لوله‌ی پیتوت جهت اندازه‌گیری سرعت جریان نصب شده عبور کرده و به موتور مکنده دور متغیر رسیده و از آن خارج می‌شود. تعداد دور توربین توسط دورسنج اپتیکی که زیر محور توربین نصب شده است، اندازه‌گیری می‌شود.

## 2-1-انجام آزمایشات

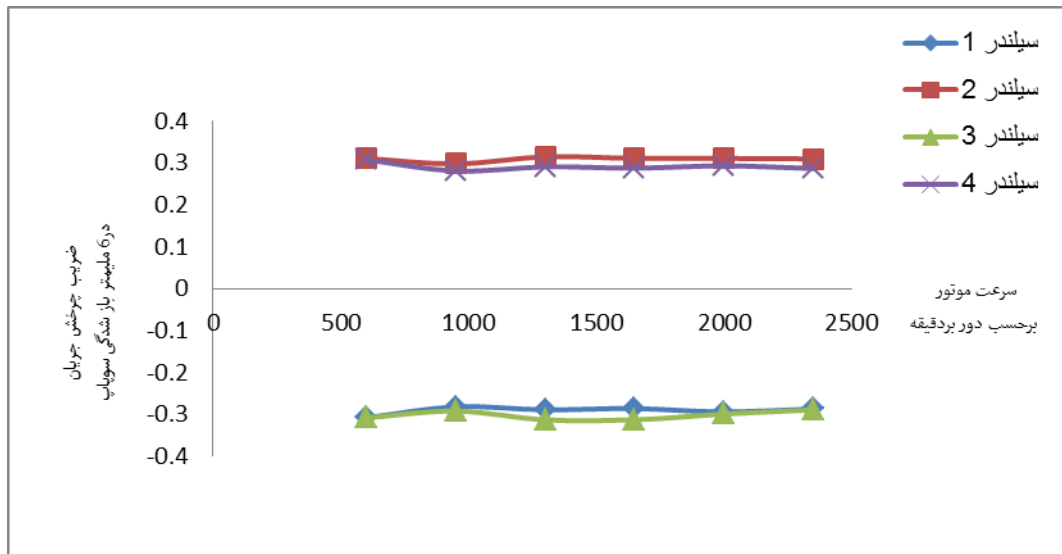
در این مطالعه ضریب چرخش با استفاده از رابطه (2) در باز شدگی 2 و 4 و 6 میلیمتر سوپاپ هوا در هر یک از چهار سیلندر تراکتور ITM-285 در سرعت‌های ( 600-950-1300-1650-2000-2350 دور بر دقیقه)، اندازه‌گیری شده است.

آزمایشات در آزمایشگاه موتور دانشگاه شهرکرد و در دمای 21 درجه سانتی گراد و در فشار اتمسفریک دانشگاه شهرکرد، که برابر با 600 میلیمتر جیوه است انجام پذیرفته و دیتا گیری شده است.

بعد از نصب سرسیلندر تراکتور ITM-285 بر روی دستگاه اندازه‌گیری جریان چرخشی و قرار دادن سوپاپ در هر یک از بلندشدگی‌های مورد نظر، با ایجاد جریان هوا در دهانه‌ی مانیفولد ورودی متناسب به سرعت های مورد نظر، به اندازه‌گیری ضریب چرخش جریان در دوره‌های مختلف پرداختیم .

## 3- نتایج و بحث

3-1- نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضریب چرخش برای سیلندرهای 1- 2- 3- 4 تراکتور ITM-285 در سرعت‌های مختلف موتور در 6 میلیمتر بازشدگی سوپاپ در شکل (2) آمده است.

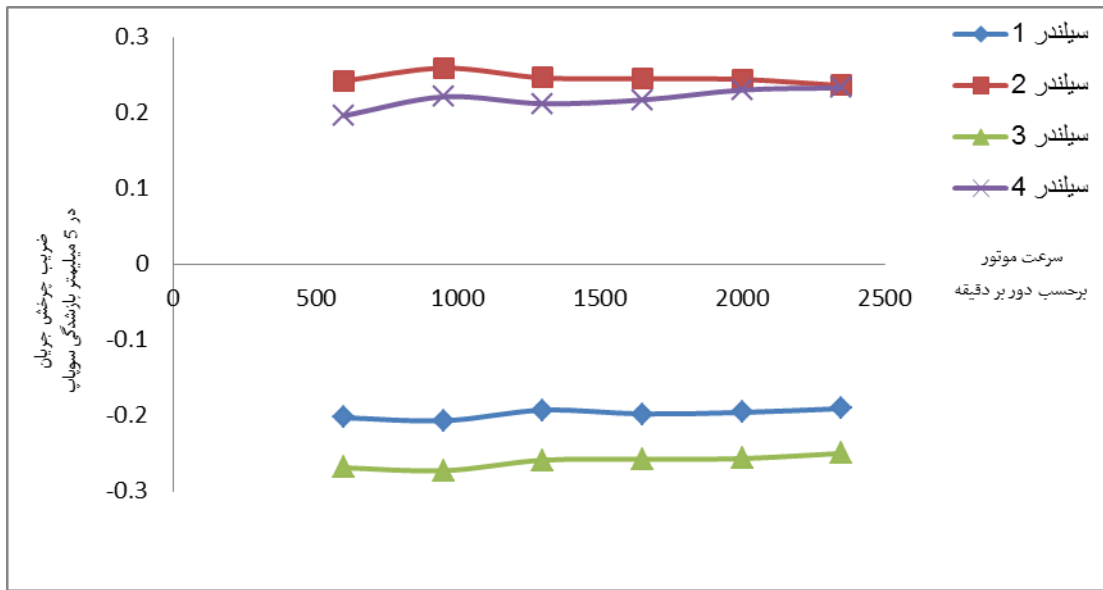


شکل 2- ضریب چرخش در 6 میلی‌متر بازشدگی سوپاپ

برای سیلندره‌ای مختلف در دورهای متفاوت

همانطور که در شکل (2) دیده می‌شود، جهت چرخش جریان هوا در سیلندره‌ای 1 و 3 با یکدیگر هم جهت و در خلاف جهت چرخش حرکت عقربه‌های ساعت می‌باشد و همچنین از نظر ضریب چرخش بجز در محدودی سرعت 950 تا 2000 دور موتور تطابق قابل قبولی برقرار است. ولی در رنج سرعت 950 تا 2000 دور که محدودی اصلی کارکرد موتور می‌باشد، اختلاف قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود که خود نمایانگر عدم یکسان بودن ساختار مخلوط همگن آماده شده جهت سوزش، جهت و شدت شعله در داخل محفظه‌ی احتراق و همچنین سرعت سوزش در این دو سیلندر می‌باشد که در نهایت منجر به فشارهای ناهمگون بر روی میل لنگ خواهد شد [3]. همچنین از شکل (2) مشاهده می‌شود که جهت چرخش جریان هوا در سیلندره‌ای 2 و 4 با یکدیگر هم جهت و در جهت چرخش عقربه‌های ساعت می‌باشد و همچنین از نظر مقدار ضریب چرخش بجز در دور 600 دور با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه‌ی مشاهده می‌شود که خود بیانگر متفاوت بودن ساختار مخلوط همگن آماده شده جهت سوزش، جهت و شدت شعله در داخل محفظه‌ی احتراق و همچنین سرعت سوزش در این دو سیلندر می‌باشد که در نهایت منجر به فشارهای ناهمگون بر روی میل لنگ خواهد شد [3].

**3 - 2** - نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضریب چرخش برای سیلندره‌ای 1- 2- 3- 4 تراکتور ITM-285 در سرعت‌های مختلف موتور در 5 میلی‌متر بازشدگی سوپاپ در شکل (3) آمده است.



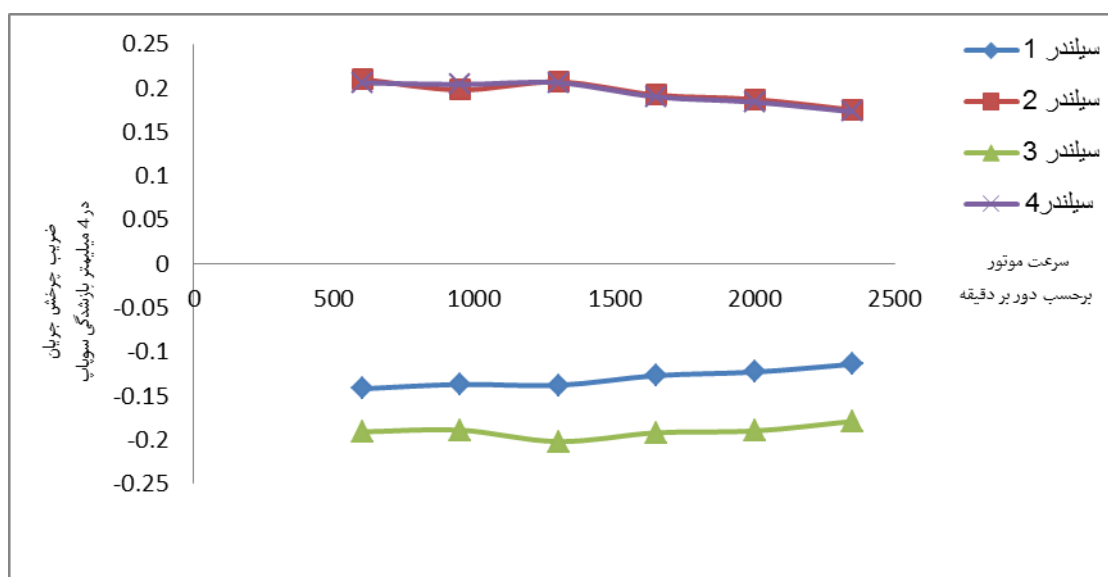
شکل 3- ضریب چرخش در 5 میلی‌متر بازشدگی سوپاپ

برای سیلندره‌های مختلف در دورهای متفاوت

همانطور که در شکل (3) دیده می‌شود، جهت چرخش جریانی هوا در سیلندره‌های 1 و 3 با یکدیگر هم جهت و در خلاف جهت چرخش حرکت عقربه‌های ساعت می‌باشد و همچنین از نظر ضریب چرخش در تمام محدودی کاری موتور تفاوت فاحشی ملاحظه می‌شود. این اختلاف خود نمایانگر عدم یکسان بودن ساختار مخلوط همگن در حال شکل‌گیری جهت سوزش، جهت و شدت شعله در داخل محفظه ی احتراق و همچنین سرعت سوزش در این دو سیلندر می باشد که در نهایت منجر به فشارهای ناهمگون بر روی میل‌لنگ خواهد شد [3]. همچنین از شکل (3) مشاهده می‌شود، جهت چرخش جریانی هوا در سیلندره‌های 2 و 4 با یکدیگر هم جهت و در جهت چرخش عقربه‌های ساعت می‌باشد و همچنین از نظر مقدار ضریب چرخش بجز در سرعت 2350 دور با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه ی مشاهده می‌شود که خود بیانگر متفاوت بودن ساختار مخلوط همگن آماده سازی شده جهت سوزش، جهت و شدت شعله در داخل محفظه ی احتراق و همچنین سرعت سوزش در این دو سیلندر می‌باشد که در نهایت منجر به فشارهای ناهمگون بر روی میل‌لنگ خواهد شد [3].

**3-3** - نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضریب چرخش برای سیلندره‌های 1-2-3-4 تراکتور ITM-285 در سرعت‌های مختلف موتور در 4 میلی‌متر بازشدگی در شکل (4) آمده است.





شکل 4- ضریب چرخش در 4 میلیمتر بازشدگی سوپاپ  
برای سیلندره‌های مختلف در دوره‌های متفاوت

همانطور که در شکل (4) دیده می‌شود، جهت چرخش جریان هوا در سیلندر های 1 و 3 با یکدیگر هم جهت و در خلاف جهت چرخش حرکت عقربه های ساعت می باشد و همچنین از نظر ضریب چرخش در تمام محدودی کاری موتور اختلاف فاحشی مشاهده می‌شود که خود نمایانگر عدم یکسان بودن ساختار مخلوط همگن در حال شکل گیری جهت سوزش، جهت و شدت شعله در داخل محفظه ی احتراق و همچنین سرعت سوزش در این دو سیلندر می باشد که در نهایت منجر به فشارهای ناهمگون بر روی میل لنگ خواهد شد [3]. همچنین از شکل (4) مشاهده می‌شود که در 4 میلیمتر بازشدگی سوپاپ جهت چرخش جریان هوا در سیلندره‌های 2 و 4 با یکدیگر هم جهت و در جهت چرخش عقربه‌های ساعت می‌باشد و همچنین از نظر مقدار ضریب چرخش، تقریباً در تمامی محدودی کاری موتور بجز در سرعت 950 دور تطابق خوبی مشاهده می‌شود که خود بیانگر یکسان بودن ساختار مخلوط همگن در حال شکل گیری می‌باشد [3].

در نهایت باتوجه به این مسئله که بیشترین زمان باز بودن سوپاپ در 6 میلیمتر بازشدگی می‌باشد بدون در نظر گرفتن جهت چرخش جریان هوا، از نظر مقایسه ی قدر مطلق ضرایب چرخش برای سیلندر های مختلف به این نتیجه رسیدیم که، این مقداری برای سیلندره‌های 1 و 4 و همچنین برای سیلندر های 2 و 3 بسیار بهم نزدیک و بر هم منطبق خواهند بود. که خود نمایانگر ایجاد طراحی یکسان در زمان طراحی و ساخت و همچنین مونتاژ صحیح برای سیلندره‌های قرینه می‌باشد. این مورد می‌تواند مبنایی برای شناخت و تصحیح کلیه ی مراحل تولید از طراحی تا مونتاژ مورد استفاده قرار گیرد. با مقایسه‌ی کلی جهت چرخش و مقدار ضریب چرخش جریان در هریک از سیلندرها در تمامی محدودی کاری موتور در بازشدگی‌های 5.4 و 6 میلیمتری سوپاپ‌ها به این نتیجه می‌رسیم که احتراق‌های ناهمگونی در طول میلنگ این موتور مورد آزمایش صورت می‌گیرد. نتیجه‌ی مهم دیگری که از مقایسه کلی بین مقادیر قدر مطلق ضریب چرخش در این آزمایشات بدست آمد، این بود که سوپاپ هوا هرچه سریعتر به ماکزیمم بازشدگی خود در مرحله مکش برسد جران چرخشی قوی تری در هر سیلندر بوجود خواهد آمد که این امر سبب اختلاط بهتر و همگن تر سوخت و هوا خواهد شد [2] و [4].

از قابلیت‌های جالبی دیگری که در طراحی و ساخت این دستگاه مورد توجه قرار گرفته است، امکان جابجا نمودن کانال هوای ورودی نسبت به محور محفظه سیلندر می‌باشد. لازم به ذکر است که این پیش بینی در نمونه‌های ساخته شده قبلی که محققان مورد استفاده قرار داده اند، منظور نشده بود و برای اولین بار، این قابلیت در دستگاه چرخش سنج مدنظر قرار گرفته و به دستگاه اضافه شده است.

با اضافه کردن این امکان در دستگاه، به اثرات ناشی از میزان خارج از مرکز بودن سوپاپ ورودی و تاثیرات ناشی از آن روی جریان‌های چرخشی و ضریب چرخش پی برده می‌شود. نتایج حاصل از این تغییرات، می‌تواند به صورت نتایج آزمایشگاهی مورد قبول در نتایج تئوری مورد استفاده قرار گیرد. از قابلیت‌های دیگر این دستگاه این مطلب می‌باشد که با یک سری تغییرات جزئی، می‌توان از این دستگاه چرخش سنج، جهت آزمایش بر روی موتورهای مختلف با ابعاد متفاوت و نیز سوپاپ‌های متفاوت استفاده نمود. همچنین مجاری ورودی پیشنهادی جدید را به وسیله‌ی این دستگاه می‌توان از نظر تاثیر آن بر روی جریان‌های چرخشی مورد آزمایش و ارزیابی قرار داد.

نتیجه گیری:

- 1- میزان ضریب در سیلندره‌های مختلف تراکتور ITM-285 با یکدیگر متفاوت می‌باشد.
- 2- جهت سوپاپ در سیلندره‌های مختلف تراکتور ITM-285 با یکدیگر متفاوت می‌باشد.
- 3- جهت چرخش جریان هوا در سیلندره‌های 2 و 4 تراکتور ITM-285 با دیگر هم جهت و در جهت چرخش عقربه‌های ساعت می‌باشد.
- 4- جهت چرخش جریان هوا در سیلندره‌های 1 و 3 تراکتور ITM-285 با یکدیگر هم جهت و در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت می‌باشد.
- 5- میزان قدر مطلق ضریب چرخش جریان هوا برای سیلندره‌های 1 و 4 با هم متفاوت می‌باشد.
- 6- میزان قدر مطلق ضریب چرخشی جریان هوا برای سیلندره‌های 2 و 3 با هم متفاوت می‌باشد.
- 7- به علت متفاوت بودن جهت چرخش جریان هوای ورودی ب ه سیلندرها و همچنین متفاوت بودن میزان ضریب چرخش جریان برای هر سیلندر، در یک دور مشخص کار موتور، شاهد احتراق‌های ناهمگون در سیلندرها و اعمال فشار متفاوت در طول میل لنگ تراکتور ITM-285 خواهیم بود.
- 8- یکی دیگر از نکات مهم در افزایش ضریب چرخش، توجه به طراحی میل بادامک می‌باشد. چنانکه طراحی میل بادامک به شکلی باشد که سوپاپ هوا هرچه سریع تر به ماکزیمم بلند شدگی خود برسد جریان چرخشی بزرگتری درون محفظه سیلندر ایجاد خواهد شد. این نتیجه توسط آقای کرن [2] و آقای کاواشیما [4] نیز تایید شده است.

## مراجع

- 1- Asmus, A. F. Wellington, B. F. "Diesel Engines and Fuel Systems", Longman Cheshire, 1990.
- 2- Kern, y. Kang, Rolf D. Retz, "The Effect of Intake Valve Alignment on Swirl Generation in a DI Diesel engine", Engine Research and Development, Korea IMM, ERC, University of Wisconsin-Madison, 1999.
- 3- Heywood J.B. "Fluid motion within the cylinder of internal combustion engines"-the 1986 freeman scholar lecture. ASME Journal of fluids engineering, 109: 3-36. 1987.
- 4- Jun-Ichi Kawashima, "Rosaroch on a Variable Swirl Intake Port for High-Speed 4-Valve DI Diesel engine", Nissan Motor Co. 1998.
- 5- W. Hentschel, and K. P. Schindler, "Flow, Spray and Combustion Analysis by Laser Techniques in the Combustion Chamber of a Direct-Injection Diesel Engine", R, and D,

Volkswagen AG, Germany, 1995.

- 6- Heywood, J. B. "*Internal Combustion Engine Fundamentals*", Mc Graw-Hill, 1988.
- 7- Pischinger, F, "*Entwicklungsarbeiten an einem Verbrennungssystem für Fahrzeugdieselmotoren*". ATZ Jahrg. 65 Heft 1, Januar 1963.