

بررسی نحوه کار ماشین‌های حرارتی درون‌سوز

پوهنم‌ل حسین عزیز، دیپارتمنت فیزیک پوهنځی علوم طبیعی پوهنتون بامیان

Husseinaziz90@gmail.com

Abstract

According to second law of thermodynamics, heat flows from a body at higher temperature to a body at low temperature. Therefore, we can say that heat energy is converted into mechanical energy and vice versa. The instrument which converts the heat energy into other form of energies are called heat engines. In general, there are two types of heat engines, like external combustion engine and internal combustion engine. In external combustion engine, the combustion of fuel takes place outside of the cylinder of engine. e. g. steam engine. In internal combustion engine, the combustion of fuel takes place inside the cylinder of engine. For such engines, the working substance is air, but actually air is mixed with a small quantity of combustible gas or vapor. Internal combustion engine also are two types like Otto engine and diesel engine. All internal combustion heat engine act in four strokes and six operations, in every strokes and operation follow from laws of thermodynamics.

In Otto engine, air is working substance and petrol vapor acts as the fuel. The mixture of air and petrol vapor enter to cylinder and burns by high voltage spark of current. The produced heat energy is absorbed and given during isochoric process. There are small compression ratio, danger explosion and small efficiency.

In diesel engine, air is the working substance and oil acts as the fuel. The oil injected separately with a pump and adiabatic compression causes ignition. The produced heat energy is absorbed and rejected during isobaric process. This type of engine is heavy and bulky. There are large compression ratio, high efficiency and lack of danger explosion.

چکیده:

انرژی حرارتی از جسم گرم به جسم سرد انتقال می‌کند که در اثر آن بالای سیستم کار انجام می‌شود؛ پس گفته می‌توانیم که انرژی حرارتی به انرژی میخانیکی تبدیل می‌گردد. وسایل که انرژی حرارتی را به اشکال دیگر انرژی تبدیل می‌کند ماشین‌های حرارتی گفته می‌شود. بطور کلی ماشین‌های حرارتی به دو نوع اند یکی درون‌سوز و دیگری بیرون‌سوز. در ماشین‌های حرارتی بیرون‌سوز عملیۀ احتراق مواد سوخت در خارج از سلندر ماشین صورت می‌گیرد؛ مانند ماشین بخار اما در ماشین‌های حرارتی درون‌سوز عملیۀ احتراق مواد سوخت در داخل سلندر ماشین صورت می‌گیرد. مواد سوخت این نوع ماشین‌ها هوا است ولی مقدار کمی از گاز قابل سوخت مخلوط با هوا می‌باشد. همچنان ماشین‌های حرارتی درون‌سوز نیز به دو نوع اند یکی پترولی و دیگری دیزلی. تمام ماشین‌های حرارتی درون‌سوز طی چهار مرحله و شش عملیه کار می‌کنند که در هر مرحله و عملیه از قوانین ترمودینامیکی استفاده می‌گردد.

در ماشین‌های حرارتی پترولی، پترول و یا هرگاز قابل سوخت بحیث مواد سوخت است. بخارات پترول و هوا به طور مخلوط داخل سلندر شده و در اثر عبور جرقه برقی حریق می‌شود. حرارت تولید شده در اثنای پروسۀ ایزوخورری جذب و داده می‌شود. نسبت فشار کوچک، موثریت کوچک و خطر انفجار در آن موجود است.

در ماشین‌های حرارتی دیزلی روغن دیزل من‌حیث مواد سوخت است که توسط پمپ جداگانه زرق و در اثر فشار ایاباتیکی حریق می‌شود. حرارت در اثنای پروسۀ ایزوباری جذب و در اثنای پروسۀ ایزوخورری خارج می‌شود. این نوع ماشین‌ها جسیم و سنگین اند. نسبت فشار بزرگ، عدم خطر انفجار و موثریت بلند در آن موجود است.

کلمات کلیدی: انرژی حرارتی، انتقال حرارت، موثریت ماشین، ماشین‌های حرارتی درون‌سوز.

مقدمه:

مطابق به قانون دوم ترمودینامیک انرژی حرارتی از جسم گرم به طرف جسم سرد انتقال می‌یابد، اما در این مقاله موضوعاتی چون نحوه سوخت داخل ماشین‌های حرارتی و پروسه‌های که به اساس قوانین ترمودینامیکی صورت می‌گیرد، مورد بحث قرار خواهد گرفت. عملیۀ احتراق داخل سیستم ماشین‌های حرارتی در موجودیت ماشین حرارتی، نفت و همچنان نفوذ هوا به داخل ماشین در یک محیط بسته اتفاق می‌افتد. در این قسمت ماشین‌های حرارتی (دیزلی و پترولی) با جزئیات مورد مطالعه قرار گرفته است.

استحصال انرژی حرارتی ذریعۀ انجام دادن کار میخانیکی خیلی آسان می‌باشد؛ طور مثال در حرکت دادن دست شما به طور سریع، عملاً تمام کار میخانیکی به انرژی میخانیکی و بر عکس انرژی حرارتی به کار میخانیکی تبدیل می‌شود. کار میخانیکی امکان دارد که 100% به انرژی حرارتی تبدیل شود ولی تبدیل شدن انرژی حرارتی به کار میخانیکی 100% ممکن نیست. وسیلۀ که می‌تواند قسمأ انرژی حرارتی را به انرژی میخانیکی تبدیل نماید، ماشین‌های حرارتی گفته می‌شود. اکثرأ یک مقدار مواد داخل ماشین حرارتی دستخوش جریان داخلی و خارجی حرارت می‌شود؛ به طور مثال انبساط، انقباض و تغییر حالت ماده که این مقدار مواد لازمه را به نام مفیدیت کاری می‌نامند. هر ماشین حرارتی با مفیدیت کاری، دوام دار عمل می‌کند. بنابر این ماشین‌های حرارتی قرار ذیل کار می‌کند. (ابوکاظمی، ۱۳۷۷: ۳۱۳)

۱. جذب انرژی حرارتی از منبع آن با درجۀ حرارت بلندتر؛

۲. تبدیل یک مقدار آن به کار میخانیکی؛

۳. پخش باقی مانده انرژی به اجسام دارای درجه حرارت پایین تر.

مقدارهای انرژی منتقله را از منبع های گرم و سرد به ترتیب Q_1 و Q_2 مسمی شده است. انرژی Q_1 که از منبع با درجه حرارت بلند جذب می شود مثبت و مقدار انرژی Q_2 که به جسم سرد داده می شود منفی اند.

انواع ماشین های حرارتی:

- ۱- ماشین های حرارتی بیرون سوز: در این قسم ماشین های حرارتی عملیة احتراق مواد سوخت در خارج از سلندر ماشین صورت می گیرد؛ مانند ماشین بخار.
- ۲- ماشین های حرارتی درون سوز: در این قسم ماشین های حرارتی عملیة احتراق مواد سوخت در داخل سلندر ماشین صورت می گیرد. برای این نوع ماشین ها هوا انباره سوخت است؛ ولی مقدار کمی از گاز قابل سوخت مخلوط با هوا می باشد.

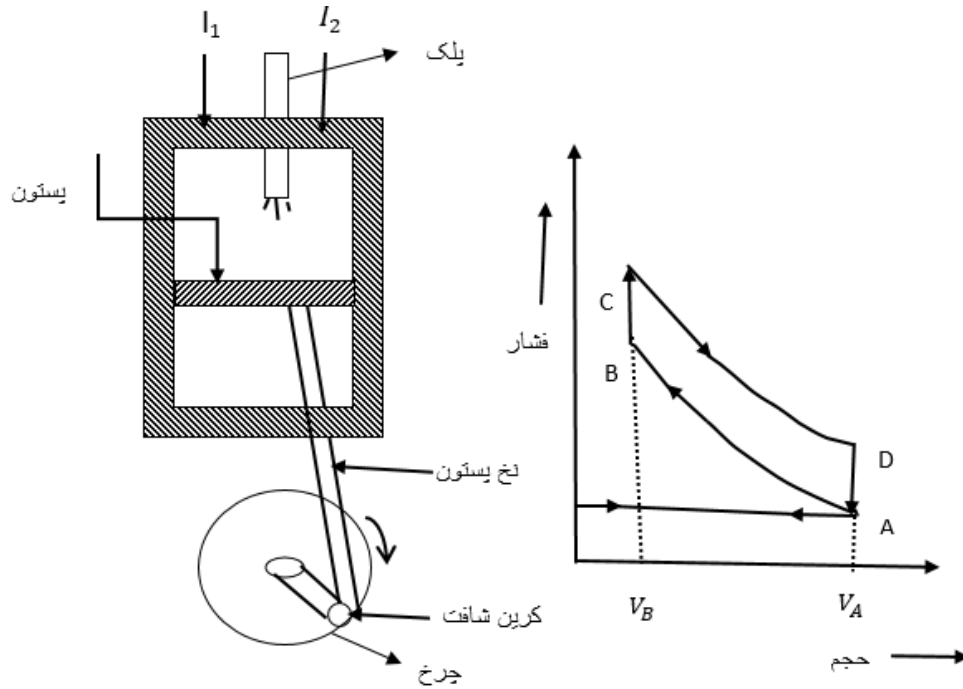
انواع ماشین های حرارتی درون سوز:

- (a) ماشین های حرارتی پترولی.
- (b) ماشین های حرارتی دیزلی. (تقریباً 80% ماشین های حرارتی درون سوز از نوع دیزلی است).

دوران پترول و موثریت آن:

در سال ۱۸۷۶ آتو (Otto) نوع ماشین حرارتی درون سوز چهار کار را اختراع نموده است. در این نوع ماشین های حرارتی هوا مواد کاری احتراقی بوده؛ اما تقویت کننده پروسه احتراق آن بخارات نفت می باشد. این نوع ماشین های حرارتی از نگاه اجزای تشکیل دهنده شامل یک سلندر، پستون متحرک که متصل به هوا است و یک سیستم متشکل از دو وال که با توجه به شکل ذیل I_1 و I_2 می باشند. I_1 وال دخولی و I_2 وال خروجی اند. در جمع اجزای تشکیل دهنده، پلک برقی جهت تولید ولتاژ بلند برای تولید جریان برق که بتواند مخلوط هوا و گاز پترول را حریق نماید؛ می باشد. همچنان تسمه پستون به کرینشافت وصل می شود تا اتصال با چرخ

را پیدا نماید. (S.D. ۲۰۱۰: ۳،۳)



شکل ۱: روش ماشین حرارتی پترولی (S.D., ۲۰۱۰: ۳۶)

روش کار ماشین پترولی:

کار ماشین پترولی به چهار مرحله تقسیم شده که بدین لحاظ ماشین چهار کاره نامیده شده اند و این چهار مرحله عبارت است از مرحله چارج کردن، مرحله فشار، مرحله کاری و مرحله تخلیه. یک دوره دارای چهار مرحله عملیاتی اند که می‌توانید در دیاگرام ذیل مشاهده نموده و به تحلیل آن بپردازید.

دوره کامل چهار مرحله یک ماشین حرارتی به طور یک‌به‌یک قرار ذیل بحث گردیده است:

۱- **نیروی حرکی (عملیه ۱):** طوری که از نام این عنوان فهمیده می‌شود؛ در این مرحله مخلوط از هوا و گازات پترول به تناسب ۹۸٪ هوا و ۲٪ بخارات پترول در سلندر ماشین داخل می‌شود.

هنگامیکه ماشین روشن می‌شود، پستون بطرف بالا و پایین حرکت می‌کند و با ملاحظه شکل وال ورودی باز گردیده و با مقداری مواد سوخت وارد شده، سلندر چارج می‌گردد که در نتیجه حجم مخلوط تحت فشار از صفر به V_A افزایش می‌یابد.

۲- **نیروی فشار (عملیه ۲ و ۳):** هنگامیکه مقدار مواد سوخت بقدر کافی وارد سلندر شد، وال ورودی بسته می‌شود.

پستون به طرف بالا و پایین حرکت نموده، به اندازه $\frac{1}{8}$ حجم اصلی مواد سوخت فشار وارد می‌کند. در اثنای فشار ادیاباتیکی حجم مواد سوخت از V_A به V_B کاهش می‌یابد. در نتیجه درجه حرارت از T_A به T_B و فشار از P_A به P_B افزایش می‌یابد. تغییر حالت (عملیه ۲) ذریعه گراف AB نشان داده شده است. (در اثنای فشار وارده درجه حرارت تا $500C^0$ افزایش می‌یابد). حالا با جرقه برقی بین الکترودها مواد سوخت مشتعل می‌شود. بخارات پترول در یک انفجار کوچک می‌سوزد و مقدار حرارت Q_1 را تولید می‌کند. بنابر این به اساس پروسه ایزوخوری فشار و درجه حرارت با حجم ثابت گاز افزایش می‌یابد. افزایش فشار از P_B به P_C و افزایش درجه حرارت از T_B به T_C (درجه حرارت تقریباً تا $2000C^0$

بلند می‌رود). تغییر حالت (عملیه ۳) ذریعه خط BC نشان داده شده است. خاطر نشان می‌شود که در عملیه ۳ پستتون حرکت نمی‌کند.

۳- **مرحله کاری (عملیه ۴ و ۵):** فشار گاز داغ و منبسط سریعاً پستتون را بطرف خارج حرکت می‌دهد؛ مثلاً گاز به‌طور ادیاباتیکی منبسط شده که در اثنای انبساط گاز، کار خارجی انجام می‌شود. فرضاً در جریان انبساط ادیاباتیکی؛ حجم گاز از V_C به V_D افزایش یافته و در نتیجه درجه حرارت از T_C به T_D می‌رسد. تغییر حالت (عملیه ۴) ذریعه گراف DC نشان داده می‌شود. در این مرحله به علت حرکت پستتون بطرف بیرون، چرخ دوران می‌کند. از اثر احتراق مواد سوخت یک انفجار که بوجود می‌آید، منجر به چرخش یک و نیم دور چرخ می‌شود. از چنین فشارهای پی‌درپی پستتون چرخ به صورت دوام دار دوران می‌کند. اکنون وال خروجی باز می‌شود و یک مقدار گاز و حرارت Q_2 بیرون می‌رود. فشار و درجه حرارت گاز واضحاً کاهش می‌یابد. تغییرات با حجم ثابت صورت می‌گیرد. فرضاً فشار و درجه حرارت گاز از P_D به P_A و T_D به T_A به ترتیب کاهش می‌یابد. تغییر حالت (عملیه ۵) ذریعه خط DA نشان داده می‌شود. (S.D.: ۲۰۱۰: ۳,۷)

۴- **مرحله تخلیه (عملیه ۶):** سرانجام بخاطر مومنتم چرخ، پستتون بطرف داخلی فشار داده می‌شود. قسمت باقیمانده گازات بطرف خارج مجبور می‌شود. تغییرات در حجم گاز به‌طور ایزوباری واقع می‌شود. حجم از V_A به صفر تقرب می‌کند. تغییر حالت (عملیه ۶) ذریعه خط AA_0 نشان داده می‌شود. چنانچه حالت به شکل اولی برگشته و دوره تکمیل می‌شود. (S.D.: ۲۰۱۰: ۳,۷)

مؤثریت ماشین پترولی: مؤثریت ماشین به اساس دو فرضیه استوار است.

- i. در هر مرحله، تغییرات قابل تجدید است و
- ii. مخلوط هوا و گازات پترول مانند یک گاز کامل عمل می‌کند. در دیاگرام ماشین پترولی، دو پروسه A_0A و AA_0 یک دیگرش را حذف می‌کند. حرارت Q_1 در اثنای پروسه ایزوخری BC تولید می‌شود. و حرارت Q_2 در اثنای پروسه ایزوخری DA به محیط انتقال می‌کند. مشخصه این ماشین آن است که حرارت با حجم ثابت جابه‌جا می‌شود.

مقدار حرارت که از B تا C تولید و یا جذب می‌شود مساوی است به؛

$$Q_1 = mC_v(T_C - T_B) \quad \dots \dots (01)$$

مقدار حرارت که به محیط انتقال می‌کند (از D به A) مساوی است به؛

$$Q_2 = mC_v(T_D - T_A) \quad \dots \dots (02)$$

مؤثریت ماشین ذریعه فورمول ذیل داده می‌شود؛

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} \quad \dots \dots (03)$$

نقاط A و B در همان گراف ادیاباتیکی AB قرار می‌گیرد.

چون

$$T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1} \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V} \quad \dots \dots (04)$$

نقاط D و C در همان گراف ادیباتیکی CD قرار می‌گیرد.

چون

$$T_D V_D^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1} \quad \dots \dots (05)$$

طوری‌که شکل (1.b) نشان می‌دهد $V_B = V_C$ و $V_A = V_D$

معادله (05) می‌تواند طور ذیل نوشته شود.

$$T_D V_A^{\gamma-1} = T_C V_B^{\gamma-1} \quad \dots \dots (06)$$

معادله (04) را از معادله (06) تفریق نموده، معادله ذیل را بدست می‌آوریم

$$(T_D - T_A) V_A^{\gamma-1} = (T_C - T_B) V_B^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} = \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{1}{\rho_C}\right)^{\gamma-1}$$

از آن جایکه $\rho_C = \frac{V_A}{V_B}$ نسبت فشار ادیباتیکی است.

با استفاده از رابطه فوق معادله (03) قرار ذیل نوشته می‌شود.

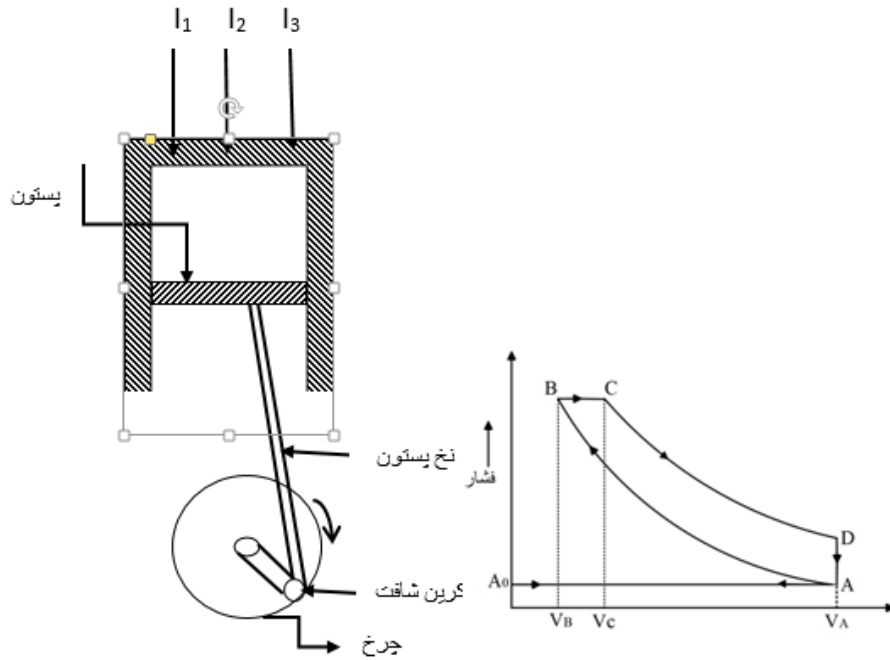
$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{\rho_C}\right)^{\gamma-1} \quad \dots \dots (07)$$

موثریت ماشین پترولی قرار رابطه فوق می‌باشد.

همچنان موثریت ماشین پترولی وابسته به نسبت فشار مواد کاری سوخت آن می‌باشد.

دوران دیزل و موثریت آن:

ماشین دیزلی یک ماشین درون‌سوز نوع چهار مرحله‌یی است. در این نوع ماشین، هوا ماده کاری و روغن دیزل من‌حیث مواد اصلی سوخت عمل می‌کند. ماشین شامل سلندر است که متصل به پستون متحرک و همچنان به سیستم کنترل شده وال‌ها مانند I_1 و I_2 می‌باشد. I_1 وال دخولی هوا، I_2 وال دخولی روغن و I_3 وال تخلیه‌اند. این وال‌ها در لحظه معین و با یک سیستم مناسب باز و بسته می‌شود. دوران دیزل شامل شش عملیه می‌باشد. قسم که در شکل نشان داده شده است. یک دوره عملیه شامل چهار مرحله می‌شود؛ مانند حرکات پستون.



شکل ۲: روش کار ماشین دیزلی (S.D., ۲۰۱۰: ۳, ۲)

مراحل کار ماشین دیزلی:

کار ماشین دیزلی می‌تواند در چهار مرحله تقسیم شود، که آن‌ها عبارت است از مرحله آغاز (نیروی حرکتی)، مرحله نیروی فشار، مرحله کاری و مرحله تخلیه. مراحل متذکره را به صورت مفصل تر و یک‌به‌یک بحث خواهیم نمود.

۱. **مرحله نیروی حرکتی (عملیه - ۱):** هنگامیکه ماشین حرکت می‌کند، پستون نیز به طرف پایین حرکت می‌کند. در اثر باز شدن وال دخولی I_1 هوا گرفته شده و در این مرحله سلندر از هوا تغذیه می‌شود که بنابر این مرحله نیروی حرکتی گفته می‌شود. حجم هوا بطور ایزوباری از صفر به V_A افزایش می‌یابد. تغییر حالت (عملیه - ۱) ذریعه خط A_0A نشان داده می‌شود.

۲. **مرحله نیروی فشار (عملیه - ۲):** هر وال بسته نگهداری می‌شود. پستون بطرف داخل حرکت می‌کند و هوا بطور ادیاباتیکی تقریباً برابر با $\frac{1}{17}$ حصة حجم اولی فشار داده می‌شود. فرضاً حجم از V_A به V_B کاهش می‌یابد. در نتیجه درجه حرارت هوا از T_A به T_B افزایش می‌یابد. (درجه حرارت تا $1000^{\circ}C$ در اثنای این پروسه بالا می‌آید). تغییر حالت (عملیه - ۲) ذریعه منحنی AB نشان داده می‌شود.

۳. **مرحله کاری (عملیه‌های - ۳، ۴، ۵):** وال I_2 باز می‌شود. روغن دیزل در اثر فشار داخل سلندر می‌شود. طوریکه درجه حرارت هوای فشرده شده بالاتر از درجه احتراق است، فوراً می‌سوزد. مقدار حرارت که تولید می‌گردد Q_1 گفته می‌شود. کاربرد دیزل در اثنای سوختن طوری تنظیم شده که پستون به طرف خارج تحت فشار ثابت حرکت می‌کند. حجم و همچنین درجه حرارت تحت فشار ثابت افزایش می‌یابد؛ مثلاً پروسه ایزوباری. فرضاً حجم از V_B به V_C و درجه حرارت از T_B به T_C افزایش می‌یابد. تغییر حالت (عملیه - ۳) ذریعه خط BC نشان داده می‌شود.

وقتیکه درجه حرارت به حد اعظمی ($2000^{\circ}C$) برسد، وال I_2 بسته شده؛ منبع روغن قطع می‌شود. فشار بلند انبساط گاز، پستون را به طرف بیرون به حرکت می‌آورد؛ مثلاً به شکل انبساط ادیباتیکی کار خارجی در اثنای انبساط گاز صورت می‌گیرد. در اثنای این پروسه، حجم از V_C به V_D افزایش، فشار از P_C به P_D کاهش و درجه حرارت از T_C به T_D کاهش می‌یابد. تغییر حالت (عملیه - ۴) ذریعۀ منحنی CD نشان داده می‌شود. در این مرحله وال I_3 باز شده، یک مقدار گاز همراهی یک مقدار حرارت که Q_2 گفته می‌شود؛ خارج می‌گردد. فشار و درجه حرارت گاز به طور آشکار کاهش می‌یابد. تغییرات با پروسۀ حجم ثابت واقع می‌شود. فرضاً فشار و درجه حرارت گاز از P_D به P_A و از T_D به T_A به ترتیب کاهش می‌یابد. تغییر حالت (عملیه - ۵) توسط خط DA نشان داده می‌شود.

۴. **مرحلۀ تخلیه (عملیه - ۶):** در آخر مرحله پستون به طرف خارج حرکت می‌کند که باقی‌مانده مخلوط سوخته و ناسوخته گازات را به خارج می‌اندازد. تغییرات حجم گاز به طور ایزوباری رخ می‌دهد. حجم از V_A به صفر تغییر می‌کند. تغییر حالت (عملیه - ۶) توسط خط AA_0 نشان داده می‌شود. به همین قسم حالت اولی به وجود آمده و دوره تکمیل می‌شود.

موثریت ماشین دیزلی:

اصطلاح موثریت ماشین به اساس دو فرضیۀ زیر استوار است:

i. در هر مرحله تغییرات تجدید پذیر است.

ii. مخلوط هوا و بخارات روغن دیزل مانند گاز کامل عمل می‌کند.

در دیاگرام دوره دیزل، دو پروسه AA_0 و A_0A یکدیگرش را حذف می‌کنند، همچنان تغییرات انرژی فقط در پروسه‌های BC و DA نشان داده شده است. مقدار حرارت جذب شده با فشار ثابت در امتداد BC قرار زیر است.

$$Q_1 = mC_P(T_C - T_B) \quad \dots \dots (08)$$

مقدار حرارت که به امتداد DA به محیط منتقل می‌شود؛

$$Q_2 = mC_V(T_D - T_A) \quad \dots \dots (09)$$

موثریت ماشین دیزلی مساوی است به؛

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{mC_V(T_D - T_A)}{mC_P(T_C - T_B)}$$

طوریکه $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ است؛ مساوات فوق را می‌توان طور ذیل نوشت؛

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left(\frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} \right) \quad \dots \dots (10)$$

نقاط C و D بالای همان منحنی ادیباتیکی CD قرار می‌گیرد، طوریکه داریم؛

$$T_D V_D^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1}$$

$$T_D = T_C \left(\frac{V_C}{V_D} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_D = T_C \left(\frac{1}{\rho_E} \right)^{\gamma-1} \quad \dots \dots (11)$$

از آن جاییکه $\rho_E = \frac{V_C}{V_D}$ نسبت انبساط است.

نقاط A و B بالای عین منحنی AB قرار می‌گیرد، داریم که:

$$T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$$

$$T_A = T_B \left(\frac{V_B}{V_A} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_A = T_B \left(\frac{1}{\rho_C} \right)^{\gamma-1} \quad \dots \dots (12)$$

از آن جاییکه $\rho_C = \frac{V_A}{V_B}$ نسبت انبساط ادیاباتیکی است.

با استفاده از معادله (11) و معادله (12)، معادله (10) را می‌توانیم طور ذیل بدست آوریم.

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left[\frac{T_C \left(\frac{1}{\rho_E} \right)^{\gamma-1} - T_B \left(\frac{1}{\rho_C} \right)^{\gamma-1}}{T_C - T_B} \right] \quad \dots \dots (13)$$

در امتداد پروسه BC، فشار ثابت باقی می‌ماند، بنابراین:

$$\frac{T_C}{T_B} = \frac{V_C}{V_B} \quad \text{و یا} \quad \frac{T_C}{T_B} = \frac{V_A}{V_B} \cdot \frac{V_C}{V_A}$$

از آن جاییکه $V_A = V_D$ است؛ ما می‌توانیم بنویسیم که:

$$\frac{T_C}{T_B} = \frac{V_A}{V_B} \cdot \frac{V_C}{V_D} = \frac{\rho_C}{\rho_E}$$

$$T_C = T_B \left(\frac{\rho_C}{\rho_E} \right)$$

با استفاده از رابطه اخیر معادله (13) چنین نوشته می‌شود.

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{T_B \left(\frac{\rho_C}{\rho_E} \right) \left(\frac{1}{\rho_E} \right)^{\gamma-1} - T_B \left(\frac{1}{\rho_C} \right)^{\gamma-1}}{T_B \left(\frac{\rho_C}{\rho_E} \right) - T_B} \right\}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left[\frac{\left(\frac{1}{\rho_E} \right)^{\gamma} - \left(\frac{1}{\rho_C} \right)^{\gamma}}{\frac{1}{\rho_E} - \frac{1}{\rho_C}} \right] \quad \dots \dots (14)$$

معادله اخیر یک تحلیل از موثریت ماشین دیزلی دارد. موثریت ماشین دیزلی مربوط به نسبت انبساط و نسبت فشار دارد.

مقایسه بین ماشین دیزلی و پترولی

ماشین حرارتی دیزلی	ماشین حرارتی پترولی
۱. ماشین نوع چهار مرحله‌یی درون‌سوز است.	۱. ماشین نوع چهار مرحله‌یی درون‌سوز است.
۲. روغن دیزل من حیث مواد سوخت است.	۲. پترول و یا هرگاز قابل، بحیث مواد سوخت است.
۳. روغن پترول جداگانه توسط پمپ زرق می‌شود.	۳. بخارات پترول و هوا به بطور مخلوط داخل می‌شود.
۴. حرارت در اثنای پروسه ایزوباری جذب می‌شود.	۴. حرارت در اثنای پروسه ایزوخوری جذب می‌شود.
۵. حرارت در اثنای پروسه ایزوخوری داده می‌شود.	۵. حرارت در اثنای پروسه ایزوخوری داده می‌شود.
۶. فشار ادیاباتیکی باعث احتراق می‌شود.	۶. عبور یک جرقه برقی باعث احتراق می‌شود.
۷. نسبت فشار بزرگ است.	۷. نسبت فشار کوچک است.
۸. خطر انفجار نیست.	۸. خطر انفجار است.
۹. سنگین و جسیم است.	۹. سبک و قابل انتقال است.
۱۰. موثریت آن بلند است.	۱۰. موثریت آن کوچک است.

(S.D.، ۲۰۱۰: ۳۰۹)

نتیجه‌گیری

ماشین‌های حرارتی وسایلی اند که انرژی حرارتی را به انرژی میخانیکی تبدیل می‌کند. به صورت عموم ماشین‌های حرارتی به دو نوع اند یکی درون‌سوز و دیگری بیرون‌سوز. همچنان ماشین‌های حرارتی درون‌سوز به دو نوع اند؛ یکی پترولی و دیگری دیزلی می‌باشد. کار ماشین پترولی به چهار مرحله تقسیم شده که بدین لحاظ ماشین چهار کاره نامیده شده اند و این چهار مرحله عبارت است از مرحله چارچ کردن، مرحله فشار، مرحله کاری و مرحله تخلیه. یک دوره نیز دارای چهار مرحله عملیاتی اند. به هر حال یک دوره دارای عملیات اند و همچنان ماشین دیزلی یک ماشین درون‌سوز نوع چهار مرحله‌یی است. در این نوع ماشین، هوا ماده کاری و روغن دیزل من حیث مواد اصلی سوخت عمل می‌کند. ماشین شامل سلندر متصل به پستون متحرک و همچنان سیستم کنترل شده وال‌ها مانند I_1 ، I_2 و I_3 می‌باشد. I_1 وال دخولی هوا، I_2 وال دخولی روغن و I_3 وال تخلیه اند. این وال‌ها در لحظه معین و با یک سیستم مناسب باز و بسته می‌شود. دوران دیزل شامل شش عملیه می‌باشد.

موثریت ماشین حرارتی پترولی به اساس دو فرضیه استوار است. در هر مرحله، تغییرات قابل تجدید است و مخلوط هوا و گازات پترول مانند یک گاز کامل عمل می‌کند و مشابهاً اصطلاح موثریت ماشین حرارتی دیزلی به اساس دو فرضیه استوار است یکی در هر مرحله تغییرات تجدید پذیر است و دیگری مخلوط هوا و بخارات روغن دیزل مانند گاز کامل عمل می‌کند.

از نحوه کار ماشین‌های پترولی و دیزلی نتیجه می‌گیریم که ماشین‌های حرارتی پترولی و دیزلی ماشین نوع چهار مرحله‌یی درون‌سوز است. در ماشین‌های حرارتی پترولی، پترول و یا هرگاز قابل سوخت، به حیث مواد سوخت است. بخارات پترول و هوا به طور مخلوط داخل سلندر شده و حرارت در اثنای پروسه ایزوخورری جذب و در اثنای پروسه ایزوخورری داده می‌شود. در این نوع ماشین عبور یک جرقه برقی باعث احتراق می‌شود. نسبت فشار کوچک، موثریت کوچک و خطر انفجار در آن موجود است.

در ماشین‌های حرارتی دیزلی روغن دیزل من حیث مواد سوخت است که توسط پمپ جداگانه زرق و در اثر فشار ایاباتیکی حریق می‌شود. حرارت در اثنای پروسه ایزوباری جذب و در اثنای پروسه ایزوخورری داده می‌شود. این نوع ماشین‌ها جسیم و سنگین اند. نسبت فشار بزرگ، عدم خطر انفجار و موثریت بلند در آن موجود است.

منابع

۱. هیویانگ و راجر فریدمن. میکانیک سیالات، گرما و موج، مترجم؛ فضل‌الله فروتن، چ سوم، تهران، نشر علوم دانشگاهی، ۱۳۸۲.
۲. ابوکاظمی، محمدابراهیم. فیزیک جامع، چ اول، تهران، نشر مرکز، ۱۳۷۷.
۳. ایپشتین. چگونه مفاهیم فیزیک را درک کنیم، مترجم؛ جهان‌شاه میرزابیگی، چ دوم، تهران، نوپردازان، ۱۳۸۶.
4. C. N. Banwell Elaine MC. Cash Fundamental of molecular spectroscopy IV Edition, 2009 Tata Mc Graw – Hill.
5. David G Martindale & Robert W. Health Fundamental of physics A Senior Course, Third Edition, 2010, California.
6. D. A Park Introduction to the Quantum theory 3rd ed. McGraw – Hill, New York 1984.
7. Halliday, Resnick and Krane, physics, fifth Edition, 2008, California.
8. Introduction to atomic spectra H. E. white.
9. Perspective of Modern physics, A Beiser.
10. P Subramanyam and S Sujana, THERMODYNAMICS AND OPTICS First Edition. 2012 Studentshpline, Hyderabad India.

- 11.S. D. Aghav & P. S. Tambade HEAT AND THERMODYNAMICS, ELECTRICITY AND MAGNETISM Third Edition, 2010 Pune India.
- 12.S. D. Aghav & R. S. Joshi ... ATOMIC AND MOLECULAR PHYSICS, Second Edition, 2007, NIRALI PARAKSHAN, PUNE IN