

RESUM

Durant les últimes dos dècades, el desenvolupament del motor de combustió interna ha seguit l'evolució de les expectatives del client. Des de la carrera per la pura obtenció de prestacions, alta potència i el fun-to-drive, perfectament il·lustrada pel fabulós Mercedes 300 SL, el plantejament es va canviar cap a motors eficients davall la pressió dels encara creixents preus de petroli. La bé coneguda planta motriu Dièsel, fins a este període limitada a vehicles industrials, de sobte va ser l'objecte de moltes investigacions, inclús per a fabricants d'automoció, especialistes en cotxes esportius. Els desenvolupaments tecnològics, principalment concernents a sobrealimentació i injecció, van permetre l'obertura del mercat dels vehicles automòbils als motors d'encesa per compressió degut als nivells acceptables de soroll, potència i a la seua encara imbatible eficiència. Per la part de la gasolina, la injecció directa va passar dels cotxes de carrera als utilitaris amb la introducció de la combustió estratificada. Més recentment es va incrementar la pressió per a reduir la contaminació de l'aire tant en zones urbanes, limitant NOx i sotja, com a escala planetària, per a gestionar emissions de CO2 i per tant d'augmentar els esforços en la part d'eficiència.

Els dos primers sistemes de combustió descrits en este document tracten les alternatives de guiat per doll i guiat per aire per a obtenir una estratificació de combustible, i per tant operar el motor de gasolina sense estrangulació de l'admissió, amb vista a aconseguir millor eficiència

El primer concepte, denominat MID3S, es va basar en una cambra de combustió de 3 vàlvules amb una gran àrea de squish i una relació de compressió de més de 12; inspirat en el sistema May Fireball, es va desenrotllar amb un injector casolà d'alta pressió operat fins a 80 bar amb una agulla que s'obria cap a fora. Es formava una mescla inflamable ultra pobre amb la papallona totalment oberta en les proximitats de la bugia per a condicions d'operació tan baixes com ralenti, mentre que les prestacions màximes estaven prop de l'objectiu de 37 kW/l. El rendiment es va millorar significativament respecte a un motor d'injecció multipunt, mentre que el CO i HC eren prou acceptables. Al contrari, els NOx i sotja havien de millorar. Desafortunadament, la robustesa del moviment aerodinàmic de squish estava compensat per la sensibilitat de l'angle de doll i la penetració a la contrapressió, i per tant les injeccions en temps tardans creaven mullat i fallades de la bugia. L'estructura de con buit del doll de combustible era la responsable d'este comportament, especialment a causa de l'efecte d'englobament de l'aire dins del doll. L'augment de la pressió d'injecció de 30 a 80 bar, i probablement per damunt, hauria reduït este efecte. Pel que fa a les metodologies, es va dissenyar una culata a propòsit amb dos accessos endoscòpics per a visualitzar la interacció entre el doll, l'aire, les parets i la combustió (o més precisament la sotja) amb una càmera d'alta velocitat operant en longituds d'onda visibles. L'estructura del doll, formada per una successió de lligaments en la superfície del mateix, mostrava clarament les condicions d'operació atmosfèriques.

El segon disseny, denominat K5M, es basava en un moviment ajustable d'alt tumbale generat en el col·lector d'admissió. S'utilitzava un injector de Siemens localitzat entre les dos vàlvules d'admissió de la cambra de combustió tipus pent-roof, amb una pressió de fins a 80 bar. La preparació de la mescla es confiava a la interacció entre el

moviment de l'aire i el doll, on la velocitat del tumble desviava les gotes cap a la bugia situada en el centre de la cambra. Es van usar simulacions 3D CFD i tècniques de visualització PIV i LIF en un motor òptic en paral·lel, per a comprendre l'evolució espacial del dosatge durant el cicle, i la possibilitat d'operar el motor amb la papallona totalment oberta, inclús a càrrega parcial. A baixa càrrega i velocitat, la reducció natural de la intensitat del tumble podria haver sigut seguida per una reducció significativa de la pressió d'injecció, amb l'objecte d'assegurar un balanç exacte entre les dos energies de moment; desafortunadament, tant les altes fluctuacions cicle a cicle, com la pobra atomització a 30 bar no van permetre aconseguir una estabilitat d'encesa acceptable a baixa càrrega degut a una mescla massa pobra en les proximitats de la bugia. L'ús d'elèctrodes que sobreïsqueren podria haver sigut una solució al problema, però no s'assegurava un ús fiable en la vida de sèrie. Al contrari, les prestacions a mitja càrrega eren globalment adequades.

El tercer concepte és refereix a la combustió Dièsel que pretén aconseguir molt baixes emissions de NO_x i sotja usant un sistema d'injecció innovador. La idea bàsica es recolza en l'ús d'una combustió prou homogènia a baixa càrrega - denominada Mild HCCI - i en una de difusió a alta càrrega.

Basada en dos injeccions properes entre elles en les proximitats del PMS, la Mild HCCI permet moderar el soroll de combustió inherent a la fase de combustió premesclada, ja que el combustible injectat durant la segona fase refreda la primera combustió; es mantenen els avantatges de les baixes emissions de NO_x i soot fins a 8 bar de PME. Per damunt d'este valor, el nivell de soroll arriba a ser inacceptable per a aplicacions d'automoció i es fa obligatori tornar a una combustió convencional difusiva. Basat sobre investigacions acadèmiques que assenyalen l'efecte positiu dels orificis de tovera reduïts associats a altes pressions d'injecció en termes de sotja via una diferència significativa entre la distància de lift-off i la longitud de penetració líquida, es va adaptar un sistema d'injecció innovador a una cambra de combustió convencional.

La primera conclusió és una millora significativa del balanç NO_x/soot a mitja i alta càrrega amb taxes d'EGR prou usuals. Este avantatge va ser degut a una atomització molt millor unida tant als xicotets orificis com a les altes pressions.

La segona conclusió es relaciona amb la possibilitat d'aconseguir una combustió "0 hollín/0 NO_x" a alta càrrega, augmentant molt l'EGR i la massa d'aire. En este cas es va generar una combustió controlada per difusió amb flama enlairada, confirmant a escala de motor real els resultats obtinguts en investigacions acadèmiques. No obstant això, l'ús de simulacions 3D va permetre demostrar que la preparació de la mescla era només una part del resultat; la localització de les diferents etapes de la combustió en un diagrama de Kamimoto, molt lluny de la península de NO_x i soot, assenyalà l'impacte de la termodinàmica de la LTC (Combustió a Baixa Temperatura). Desafortunadament, a pesar d'estos resultats els sistemes disponibles d'EGR i aire no poden proporcionar els cabdals necessaris de massa.

Pel que fa a les ferramentes, els passos de desenvolupament van ser seguits per visualitzacions intensives de doll per a les fases líquida i vapor, en condicions cada vegada més pròximes al motor real. Estes mesures van permetre avaluar precisament l'impacte del diàmetre, la pressió d'injecció i el contingut en oxigen sobre la diferència entre les longituds líquida i de lift-off.

Finalment, s'ha emfatitzat en la importància d'acoblar ferramentes d'investigació com ara la visualització i simulacions 3D en condicions tan prop com siga possible a les del motor real en termes de temperatura, pressió i timing (p.ej. la possibilitat de registrar un cicle complet de mescla i combustió) per als futurs motors tant d'Encesa Provocada com per Compressió. En particular, l'augment predit de pressió d'injecció portarà a reoptimitzar els diferents models disponibles de doll i finalment a readaptar-los en termes dels fenòmens físics, a causa de les grans variacions de la velocitat de doll i del número de Weber. La presència de cavitació en els orificis de la tovera també haurà de ser tinguda en compte, ja que té un paper fonamental pel que fa el coking.

En conclusió, és evident que el desenvolupament de motors de gasolina de càrrega estratificada i Dièsel de baixes emissions es recolzarà cada vegada més en la preparació de la mescla i en la seua associació amb les temperatures de gas baixes.