EPS
Escola Politècnica
UdG Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol: Simulació d'un motor de combustió interna alternatiu monocilindric 4 temps amb el programari IC Engine d'ANSYS 14

Document: RESUM

Alumne: Kiryl Holubeu

Director/Tutor: Martí Comamala Laguna
Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any): Setembre 2014

RESUM

L'àrea de màquines i motors tèrmics i mecànica de fluids disposa d'un software de simulació de motors 4T de combustió interna alternatius - IC Engine d'ANSYS 14. Aquest programari ofereix la possibilitat d'estudiar dinàmica de fluids en contacte amb les parts en moviment (exemple: vàlvules, parets del cilindre, pistó) passant per conductes d'admissió i escapament, programar simulacions pertinents seguint una seqüència ordenada i automatitzant les operacions repetitives.

Per l'estudi disposem d'un motor monocilíndric KINLON 4 temps de cicle Otto. Prèviament, s'ha recollit totes les dades geomètriques necessàries i s'ha realitzat el model 3D per poder estudiar la geometria en l'entorn CFD.

Les dades obtingudes fent assaigs en el banc de flux sobre la geometria real serveixen per avaluar els resultats de simulacions realitzades per l'estudi del conducte d'admissió segons el procediment d'anàlisi *Port Flow*.

Per resumir, l'anàlisi anterior consisteix en quantificació de flux màssic i *swirl* (de manera aproximada) en geometria estàtica per diferents posicions d'obertura de la vàlvula d'admissió durant el cicle de funcionament del motor.

Primerament, s'ha comparat els resultats de simulació de la geometria original i les dades obtingudes en el banc de flux. La comparació s'ha realitzat calculant el coeficient de descàrrega.

El coeficient de descàrrega és la relació que existeix entre el flux màssic real de l'aire, que entra durant la fase d'admissió (o escapament, segons la prova) i el flux màssic ideal en les mateixes condicions.

S'ha comprovat que el model simulat s'aproxima als resultats reals amb la mitjana d'error de 11.23 %. No obstant això, el model mostra la tendència de disminució del coeficient de descàrrega i correlaciona amb les dades reals. Aquest fet permet utilitzar els resultats de simulació com la referència per l'anàlisi posterior i propostes de disseny.

Analitzant la geometria original del motor des del punt de vista aerodinàmic s'ha arribat a la conclusió que existeixen punts en el disseny original que presenten problemes i és interessant analitzar-los. Aquests punts es presenten a la *Figura 1:*

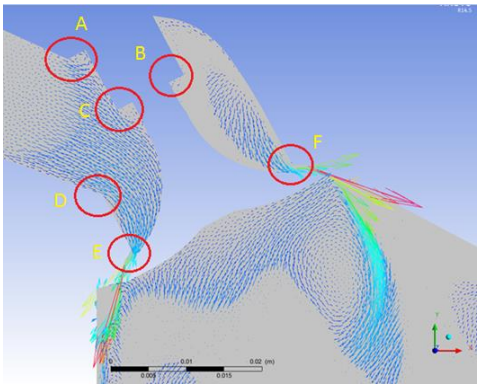

Figura 1. Punts crítics del disseny

Primera proposta va ser modificar la geometria en els punts anteriors (A, B, C, D, E, F) i repetir el procediment d'anàlisi *Port Flow (Figura 2):*

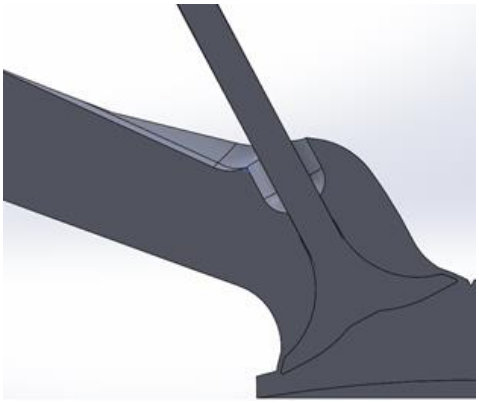

Figura 2. Conducte modificat

El camí alternatiu consisteix en buscar un disseny de vàlvula d'admissió que tingui millors característiques que la vàlvula original. La decisió es basa en facilitat de fabricació del prototip de vàlvula i el seu assaig en el banc de flux sense necessitat de mecanitzar la culata del motor.

Després d'avaluació de diferents dissenys de vàlvula s'ha arribat a la conclusió següent: la vàlvula original està dissenyada de manera correcta i no presenta un factor crític limitant per pas de flux. Malgrat això, s'ha desenvolupat el disseny alternatiu que presenta millors característiques que la vàlvula original (*Figura 3*).

Figura 3. Vàlvula modificada

Finalment, s'ha realitzat el càlcul de cabal màssic per diferents obertures de vàlvula amb la posterior representació del coeficient de descàrrega corresponent per cassos següents:

- Conducte modificat i vàlvula original
- Conducte original i vàlvula modificada
- Conducte modificat i vàlvula modificada

Comparant el coeficient de descàrrega de cada cas descrit anteriorment amb la geometria original podem veure que tots els dissenys milloren la quantitat de flux d'admissió *(Figura 4)*:

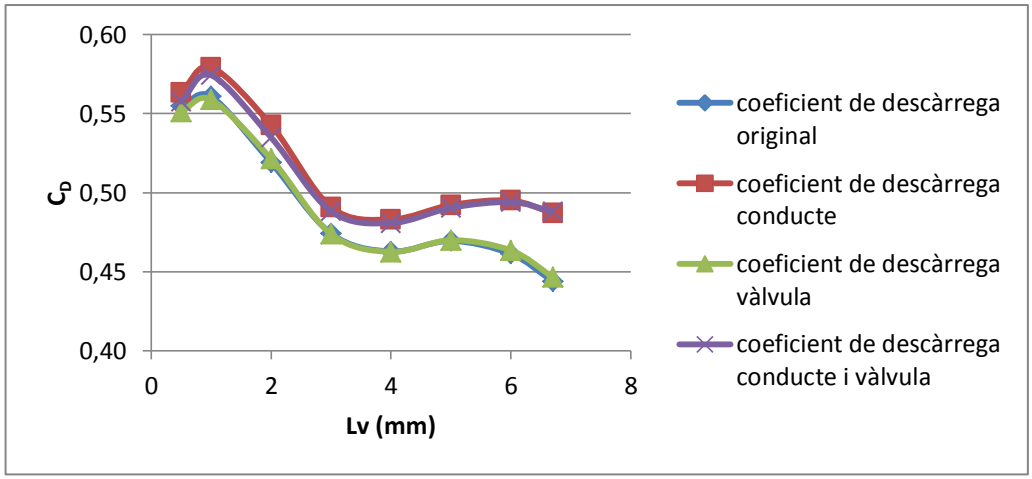

Figura 4. Representació gràfica del coeficient de descàrrega de cada disseny.

Des del punt de vista de la quantitat de flux la millor opció per millorar les prestacions del motor és mecanitzar el conducte d'admissió (coeficient de descàrrega més gran).

La segona part del treball correspon a la realització d'anàlisi *Cold Flow* (Anàlisi de flux en fred). L'anàlisi *Cold Flow* consisteix en la modelització de flux d'aire durant el cicle transitori de funcionament de motor sense reaccions químiques ni combustió i avaluar les turbulències produïdes durant l'admissió i compressió (*swirl* ràtio, *tumble* i *cross tumble* ràtio) que són indicadores de la combustió eficient. Les dos ràtios que presenten principal interès per l'estudi són: *swirl* i *tumble.*

Swirl és un moviment macroscòpic de càrrega típic en motors amb dues vàlvules per cilindre, on la càrrega es mou al voltant d'un eix paral·lel a l'eix del cilindre. *Tumble* representa el moviment de rotació macroscòpic de la càrrega al voltant d'un eix contingut en el pla normal a l'eix del cilindre. Aquest moviment és característic en motors amb 4 vàlvules per cilindre.

Durant la realització de *Port Flow* s'ha controlat el monitor de *swirl* en el pla de control per cada disseny. Aquest monitor permet avaluar de manera aproximada les ràtios de *swirl* per poder triar el disseny amb millors característiques i simular el comportament de flux durant el cicle transitori. Això es fa perquè l'anàlisi *Cold Flow* necessita molta potència computacional i el temps de càlcul és considerable.

Segons el monitor de *swirl*, tots dos dissenys (vàlvula modificada amb conducte modificat i vàlvula original amb conducte modificat) augmenten el *swirl* en el pla de control. Aquest augment en tots dos cassos és similar. Per l'estudi *Cold Flow* s'ha seleccionat el disseny corresponent a la vàlvula i conducte modificats.

Després d'haver realitzat les simulacions per la geometria original i el disseny millorat s'ha obtingut els resultats següents (*Figura 5, Figura 6, Figura 7*, s'avalua el valor absolut del paràmetre)

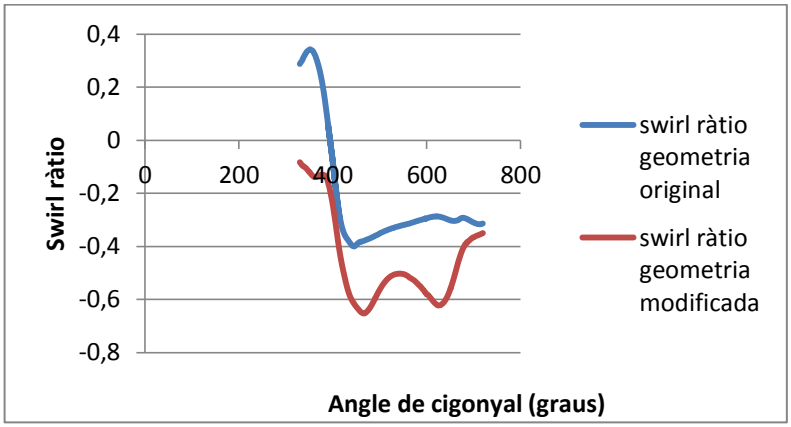

Figura 5. Comparació de les ràtios de swirl

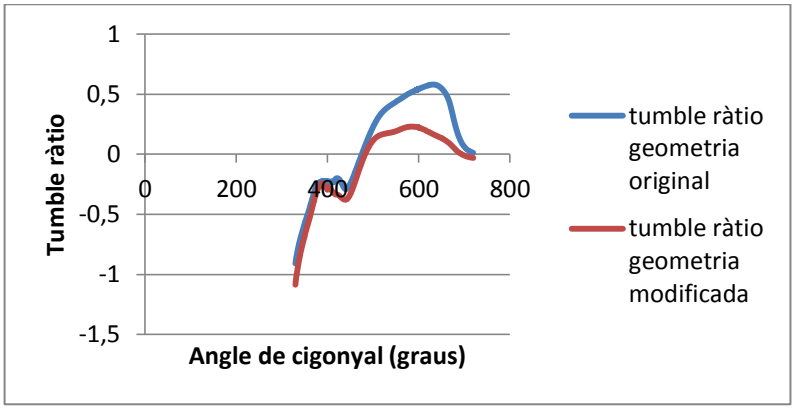

Figura 6. Comparació de les ràtios de tumble

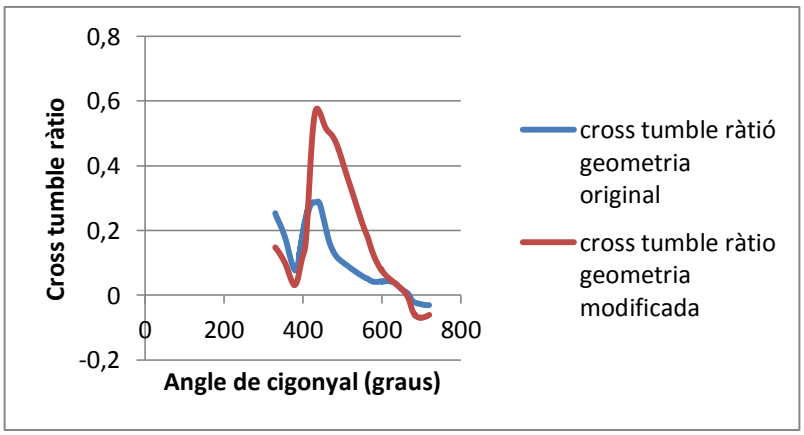

Figura 7. Comparació de les ràtios de cross tumble

Es pot observar que el disseny nou permet generar el *swirl* i *cross tumble* més intensiu, mentre que la ràtio de *tumble* ha tingut una disminució.

En tot cas es pot avaluar el disseny proposat com a satisfactori ja que comporta l'augment del coeficient de descàrrega i permet generar el *swirl* més intensiu.

A més, s'ha de dir que el disseny del conducte d'admissió és el punt crític del motor d'estudi, ja que millorant el seu disseny s'aconsegueix un motor més eficient.

Pel que fa a l'avaluació del *software* utilitzat: aquest permet automatitzar la major part de les operacions a realitzar, però s'ha de seguir el procediment i les instruccions de manera estricta, ja que qualsevol error a l'hora de definir les parts geomètriques o introduir les dades necessàries pot alterar la solució o simplement no permetre l'execució de la simulació.

Amb l'objectiu de millorar la precisió dels resultats obtinguts es pot provar els passos següents:

- Obtenir el model 3D de la geometria de culata i vàlvules amb la màquina de mesura per coordenades o escàner 3D.
- Durant la fase d'importació de geometria per *Port Flow* hi ha la possibilitat de crear uns dipòsits tranquil·litzadors més grans per tal d'evitar les variacions innecessàries degudes a l'entrada i sortida del flux en la geometria d'anàlisi.
- Utilitzar el mallat amb més elements. La conseqüència seria l'augment del temps de càlcul.
- Criteris de convergència més estrictes. Això comportaria l'augment del temps de càlcul.
- Parametrització de variables. Aquest procediment permet controlar els paràmetres de sortida establerts durant la fase de preprocés en funció d'un paràmetre d'entrada, per exemple, l'obertura de la vàlvula (*Port Flow*) o règim de gir del motor (*Cold Flow*). La dificultat principal és que no es pot controlar els processos entremitjos, qualsevol error pot aturar el procés de càlcul.