

КОМПЈУТЕРСКИ ДИЗАЈН НА КЛИПОВИ СО МАЛА ТЕЖИНА СО ПРИМЕНА НА АЛГОР - ФЕА СИСТЕМ

Елениор НИКОЛОВ, Драге ПЕТРЕСКИ

Воена академија „Генерал михаило Апостолски“ Скопје

Даме ДИМИТРОВСКИ

Машински факултет Скопје

Айџираки: Содржината на овој труд го покажува прегледот на развојните тенденции на лесните клипови, современите клипни дизајни засновани врз својствата на материјалот. Развојните активности вклучуваат лаборатории за тестирање на мотори и резултати од изведените истражувања. Предвиденото користење на квалитетни методи за мерење како што е FMEA (Краен модалитет и анализа на ефектите) се применува на таков начин за да се претпостави однесувањето на идните клипови, како комплетен процес, со единствена цел да се избегнат детонантните појави кај бензинските мотори. Финалната конструкција на клипот зависи од неговата тежина, компресивна висина и главните димензии. Исто така, направен е преглед на примената на програмскиот пакет Algor-FEA за моделирање на клипниот дизајн како и за анализа на напрегањата и деформациите на дадениот модел.

Клучни зборови: Согорување, моделирање, простор за согорување, детонација, бензински мотори, лесни клипови, Algor-FEA систем.

THE COMPUTER ASSISTED DESIGN OF LIGHT- WEIGHT PISTONS WITH APPLICATION OF ALGOR DE- SIGN AND FEA SISTEM

Abstract: The contents of this article provides a survey of the development tendencies on light - weight pistons, the contemporary piston designs based on the material properties. The developments activities involved engine test laboratory and results of resurching. The provided using quality assuring methods such as FMEA

(Failure Mode and Effects Analysis) are applied in order to predict the running behavior on the future piston as completely process. The final construction of the piston depends of piston weight, compression height and main dimensions. Also, a survey is provided application of programmed packet ALGOR -FEA for modeling piston design and its further analysis of strenght.

Key words: combustion, modeling, combustion chamber, detonation in combustion, light – weight pistons, ALGOR design and FEA sistem.

ВОВЕД

Во изминатите 20 години перформансите на компјутерите, екраните и диск мемориите достигнале значаен напредок, додека цените им се намалуваат. Значењето на персоналните компјутери е особено зголемено поради нивните големи можности, со што станаа многу важни во нашиот живот, посебно со нивното поврзување во мрежа, технички постигнато, стандардизирано и изведено во практична смисла [1].

Дизајнот на моторот и неговиот развој станаа значително зависни од користењето на напредни методи на анализа со една единствена цел, да се добијат што пооптимални дизајни.

Клиповите се најчесто анализирани од сите компоненти на моторот и добивањето на точни резултати од нивна анализа претставува главна цел. Типични анализи можат да се поделат во три фази: Одредување на оптеретувањата врз клиповите, геометриското моделирање а последователно да се прикажат деформациите и оптеретувањата, и конечно проценка на резултатите. Овој труд е насочен кон фазата на моделирање на геометријата на два типа на дизајн на клип, симулација на оптеретувањата и преку добиените резултати да се дојде до оптималното решение на дизајн. Поставената цел секако може да се достигне со апликативна примена на ALGOR дизајнот и FEA анализа, што ќе биде понатаму и претставен [2].

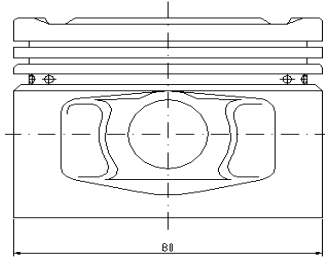
Во овој труд е направен преглед на извршените анализи на подобрувањата на клиповите како клучни делови на моторот. На слика 1 се прикажани барањата кои треба да ги задоволи клипот, граничните вредности и факторите на влијание како и развојните цели кои треба да се реализираат.

Подобрените излезни карактеристики на моторот за клипот значат: зголемена јакост, промена на дизајнот на надворешниот профил заради редуција на триењето и бучавата како и помала тежина, а истовремено непроменета оперативна надежност [3].

РАЗВОЈНИ ПАРАМЕТРИ НА МОТОРОТ

- Подобрување на излезните карактеристики
- Мала емисија на издувни гасови
- Мал степен на бучава
- Помала потрошувачка
- Висок степен на подвижност

$$p_z = 7.0 \text{ MPa}$$
$$F_{klip} \sim 35 \text{ kN (3.5 t)}$$
$$T_{teme} \sim 330^\circ \text{ C}$$
$$T_{telo \text{ na klip}} \sim 200^\circ \text{ C}$$
$$DT \sim 15^\circ \text{ C/s}$$



БАРАЊА ОД КЛИПОТ

- Зголемена јакост
- Зголемена оперативна надежност
- Редукција на триењето и бучавата
- Пониска тежина

$$n = 6.100 \text{ vr/min}; c_{max} = 28.5 \text{ m/s}$$
$$51 \text{ rab. Taktovi/s} = 103 \text{ km/h}$$
$$200 \text{ 1/s vo KKP}$$
$$C_m = 17.5 \text{ m/s}; a_{max} = 2.3 \text{ g} = 63 \text{ km/h}$$

Сл. 1. Побарувања на клиповите на патничките возила

1. СИМУЛАЦИСКИ ПРЕСМЕТКИ НА ВООБИЧАЕН ДИЗАЈН НА КЛИПОВИ СО МАЛА ТЕЖИНА

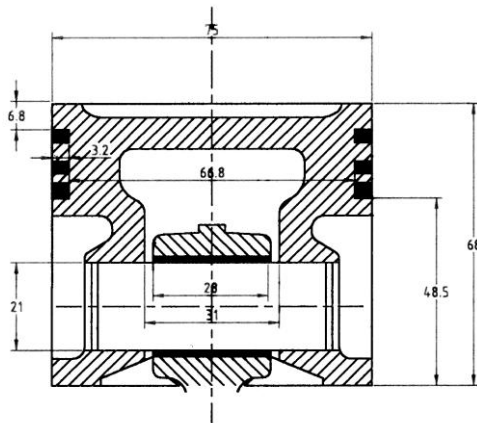
Симулациските пресметки го обезбедуваат дизајнерот со информации кои суштински, се за економичен и успешен дизајн. Обично квалитетот на пресметките е зависен од времето и вложениот напор за програмскиот влез; за висок квалитет на резултати, потребни се поголеми барања при влезот, односно поедноставните пресметки имаат потреба од помалку барања при влез.

1.1. Оптимирање и анализа на геометријата на клип со примена на програмскиот пакет ALGOR – FEA

Целта е да се најде какво е влијанието на геометријата на просторот за согорување кај бензинските мотори, врз процесот на согорување без појава на детонација. Просторот за согорување, геометриски гледано е составен од три површини и тоа: челната површина на клипот, како подвижен елемент, страничната површина на цилиндричниот сегмент и комплексната површина над клипот на главата на моторот каде се сместени вентилите и свеќичката. За да се поедностави моделот, во овој труд, ќе биде изведено оптимирање и анализа (FEA) на дизајнот на клип, како главен и најоптеретен дел од просторот за согорување. Врз основа на таа анализа и добиените

резултати е извршено оптимирање на дизајнот на клип со споредување на резултатите за две карактеристични геометрии на клип.

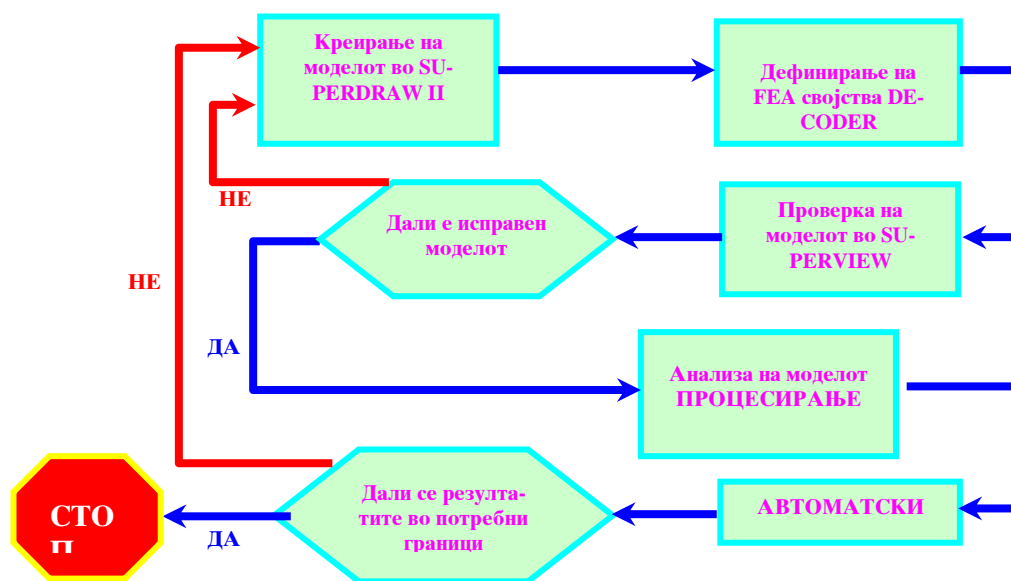
На слика 2 е прикажан геометрискиот модел на клип на бензински мотор од патничко автомобил POLO, со дијаметар од 75 mm. Ќе бидат анализирани два модели; *д а д е н к а л и м њ а ч а л њ а в р ш и н а к л и п њ л а б н а и а л н н а и в а р ш и н а*



Сл. 2. Скица на клип од бензински мотор на патнички автомобил “ПОЛО”

Прва фаза на дизајнирањето - ПРЕДПРОЦЕСИРАЊЕ, е составено од цртање на профилот на двата модели на клипот и мрежирање на нивната површина со помош на командите на програмскиот дел на ALGOR - FEA. Оваа фаза се изведува во програмскиот дел за цртање и автоматско мрежирање - SUPERDRAW. Потоа следи цртањето на тродимензионалниот облик на моделот, кој се исцртува постепено, бидејќи моделот претежно е симетричен освен на местата каде што се наоѓаат потпорите за сместување на клипната осовинка што е битно за понатамошната анализа и одредување на граничните услови. Се добива модел на клип во половичен пресек со голем број на бесконечни елементи, доволен за прикажување на резултатите. Во истата фаза се дефинираат и оптеретувањата врз клипот (притисок и температура) во поединечни или група на јазлени точки, кои за споредување на резултатите, за двата модели потребно е да бидат исти. Исто така во истиот програмски дел се определуваат и граничните услови (степен на слобода, потпорни јазлени точки-фиксни), да потоа во DECODER - от му се задаваат соодветните својства на моделот (материјал, група, боја, тип и разни коефициенти соодветни на оптеретувањето и типот на анализа). На крај од оваа фаза, секогаш е потребна проверка на дизајнот која се изведува со помош на програмскиот дел на ALGOR дизајнот - SUPERVIEW, за проверка и исправка на појавени грешки.

Втората фаза на дизајнирањето - ПРОЦЕСИРАЊЕ, е составено од стартување на соодветниот процесор за анализа на секој конечен елемент на дизајнот (во нашиот случај 1 - линеарно оптеретување и 2 - статично топлотно оптеретување) за двата модели. Со изведено успешно процесирање (ако нема појава на грешки), се добиваат резултатите преку добиените напрегања и деформации на моделите, кои можат, визуелно да бидат прикажани повторно во програмскиот дел SUPERVIEW.



Сл. 3. Шематски приказ на дизајнирање и FEA анализа со ALGOR-FEA дизајнот

Третата фаза - ПОСТПРОЦЕСИРАЊЕ, користејќи го програмскиот дел SUPERVIEW, претставува преглед на поместувања, сили, моменти и напрегања, односно солиден визуелен преглед на добиените резултати од линеарното оптеретување односно статичното топлотно оптеретување на првиот и вториот модел [4].

Како трета опција на оптеретување е прегледот на добиени резултати на комбинираното истовремено оптеретување на двата модели. Последната опција е најблиску и до реалното оптеретување на клипот, ограничено со статичната анализа, бидејќи е набљудуван моделот во оној момент кога се максимални оптеретувањата.

Целиот протокол на изведеното проектирање и анализа на моделите со помош на ALGOR дизајн и FEA, прикажан е со шема дадена на слика 3, која е иста за секој модел и тип на анализа и процесор [5].

1.2 Преглед, анализа и споредба на добиените резултати

Резултатите од стандардните пресметки на клиповите се прикажуваат со следните параметри:

- Температурни полиња од мах. топлотни оптеретувања на клиповите, т.н. температурен флукс;
- Деформации (и напрегања) од топлотното оптеретување;
- Деформации (и напрегања) од максималното оптеретување на притисокот на гасната смеса врз ладни и топли клипови;
- Оптеретување од инерцијалните сили (не е застапено) и
- Оптеретување од страничните сили (не е застапено).

На следните слики, се прикажани графички резултатите во вид на напрегања (топлотен флукс, од притисок и сл.) во материјалот на клипот за два вида на модели; со рамна и вдлабната челна површина, и тоа:

1. Модели на клип со рамно и вдлабна̀но чело ой̀шерей̀ени на притисок (Von Mises), од 60 bar.

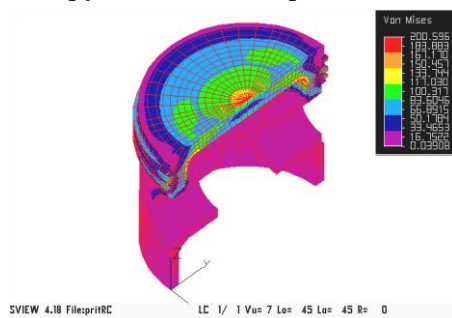
A) Геометрија на дизајн на клип со рамно чело

I случај – Нормално бездетонантно согорување

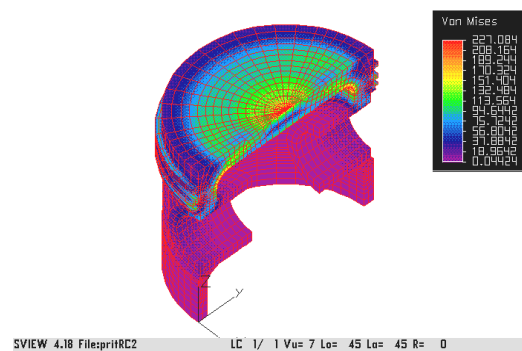
На слика 4 се прика̀ани напрегавата на притисок во материјалот на дадениот модел на клип во услови на нормално согорување.

II случај – Детонантно согорување

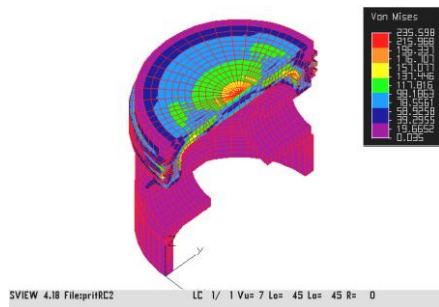
Во овој случај на испитување, на дизајнот на клипот, прикажани се и резултатите на напрегањата и на дизајнот во услови на детонантното согорување, кои се прикажани шематски на слика 4–7.



Сл. 4. Шематски приказ на а) напрегањата на притисок на модел на клип со рамно чело во услови на нормално согорување



Сл. 5. Шематски приказ на напрегањата на притисок при услови на детонантно согорување – I чекор



Сл. 6. Шематски приказ на напрегањата на притисок на модел на клип со рамно чело во услови на детонантно согорување – II чекор

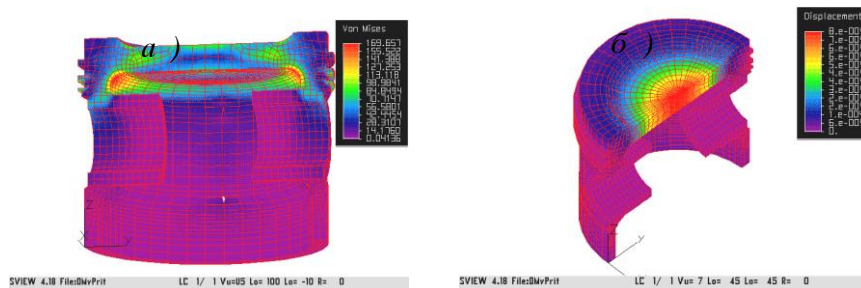


Сл. 7. Шематски приказ на напрегањата на притисок при услови на детонантно согорување – III чекор

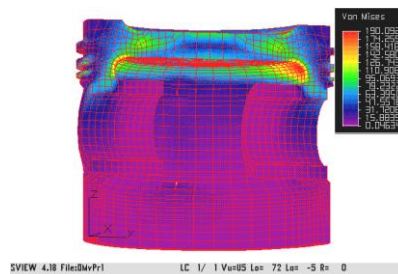
Б) Геометрија на дизајн на клип со вдлабната челна површина

I случај – Нормално бездетонантно согорување

На слика 8а се прикажани напрегањата на притисок во материјалот на дадениот модел на клип со вдлабнато чело во услови на нормално согорување. Освен напрегањата, се прикажани и поместувањата (деформациите) на дизајнот (слика 8б).



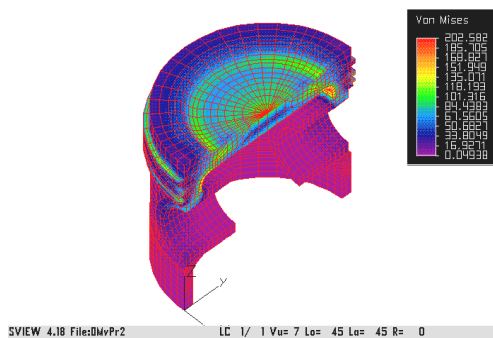
Сл. 8. Шематски приказ на а) напрегањата на притисок и б) поместувањата (деформациите) на модел на клип со вдлабнато чело во услови на нормално согорување



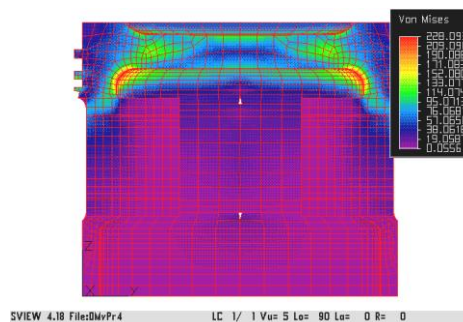
Сл. 9. Шематски приказ на напрегањата на притисок на модел на клип со вдлабнато чело при услови на детонантно согорување – I чекор

II случај – Детонантно согорување

Во овој случај на испитување на дизајнот на клипот, како за претходниот модел на клип, прикажани се резултатите на напрегањата и деформациите на дизајнот во услови на детонантното согорување. Тие услови се изразени преку оптеретување на моделот со зголемени притисоци во одредени моменти од времето, односно изведени се нови модели во неколку т.н. чекори. Резултатите (напрегања и деформации) за овие модели се прикажани шематски на слика 9 – 11.



Сл. 10. Шематски приказ на напрегањата на притисок на модел на клип со вдлабнато чело при услови на детонантно согорување – II чекор



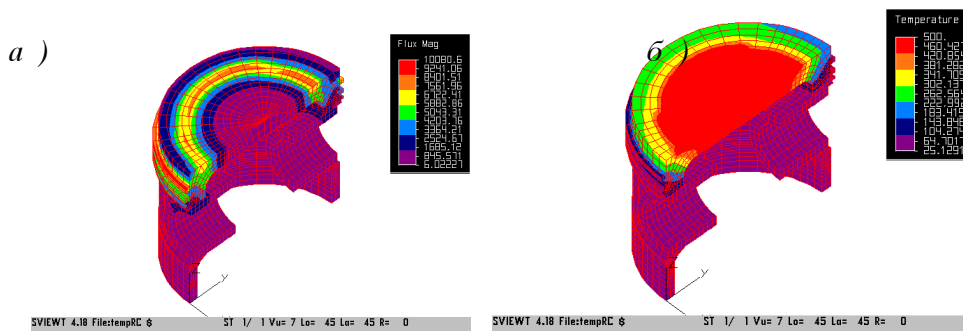
Сл. 11. Шематски приказ на напрегањата на притисок на модел на клип со вдлабнато чело при услови на детонантно согорување – III чекор

2. Модели на клип со рамно и вдлабнато чело изложени на тлојлојно оштетување (FluxMAG).

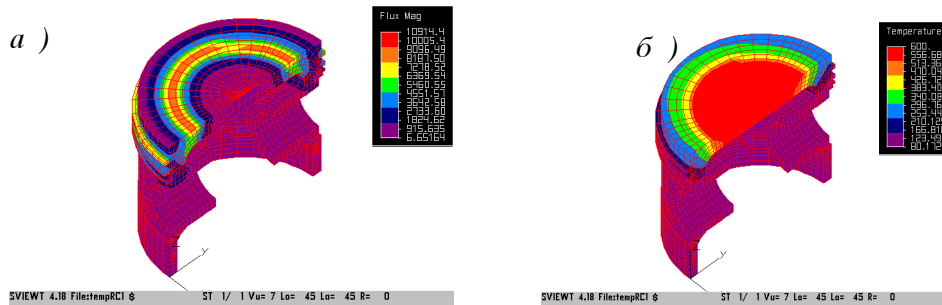
На сликите 12 – 15, се прикажани резултатите во вид на тоplotен флуks (FLUKSMAG), односно термичките напрегања, како и температурната промена по челната и страничните површини на клипот.

A) Геометрија на дизајн на клип со рамно чело

Во овој случај е претпоставено дека свеќичката за исфрлање искра е централно поставена како најоптимално решение [6]. Поради сферното ширење на пламенот како почетен услов, е зададена максимална температура на централниот дел од челната површина. Прв случај $T_{MAX} = 500^{\circ}C$ и втор $T_{MAX} = 600^{\circ}C$, прикажано на слика 12 и 13.

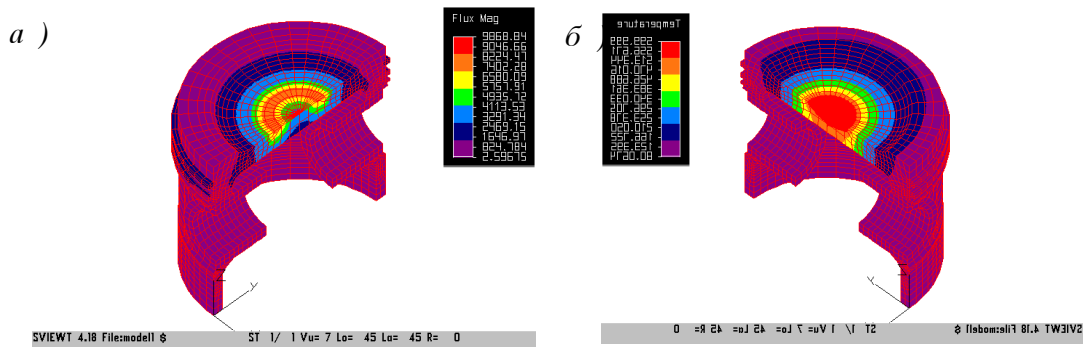


Сл. 12. Шематски приказ на а) топлотниот флуks и б) температурите на конструкција на клип со рамно чело термички оптеретен ($T_{MAX} = 500^{\circ}C$)



Сл. 13. Шематски приказ на а) топлотниот флуks и б) температурите на конструкција на клип со рамно чело термички оптеретен ($T_{MAX} = 600^{\circ}C$)

Б) Геометрија на дизајн на клип со вдлабната челна површина



Сл. 14. Шематски приказ на а) топлотниот флуks и б) температурите на конструкција на клип со вдлабната чело термички оптеретен ($T_{MAX} = 600^{\circ}C$) I случај

1.3. Споредба на добиените резултати од изведената анализа

Добиените резултати од претходно изведената анализа на моделите на клип, неопходно е да биде извршена нивна компарација за да бидат

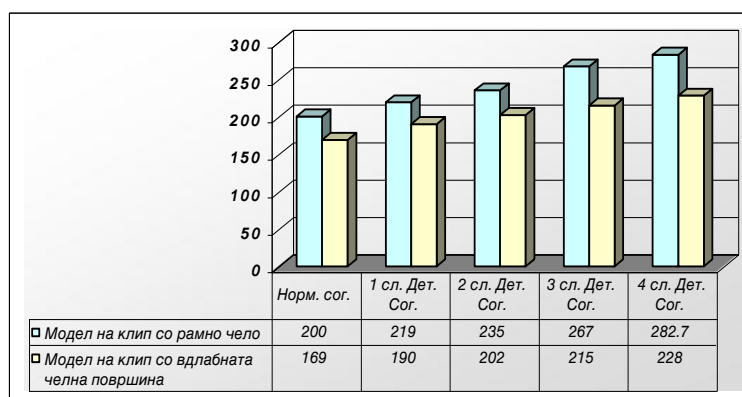
дадени соодветни заклучоци за пооптималното решение на дизајн на геометријата на просторот за согорување.

За таа цел на слика 16 и 17 се прикажани дијаграми (изработени во EXCEL), каде се гледаат и се споредени добиените максимални вредности на напрегања од притисок и напрегања од топлотното оптеретување. Со нивна компарација сликвито е јасно дека за сите случаи на согорување (нормално и детонантните согорувања) пониски вредности се добиени за моделот на клип со вдлабната челна површина.

Поврзано со податоците внесени во табела 1 на слика 16 е прикажан дијаграмот на добиените резултати од напрегањето од притисок за нормално согорување и 5 случаи на детонантно согорување на двата вида модели.

Т а б е л а 1 о р е д б а

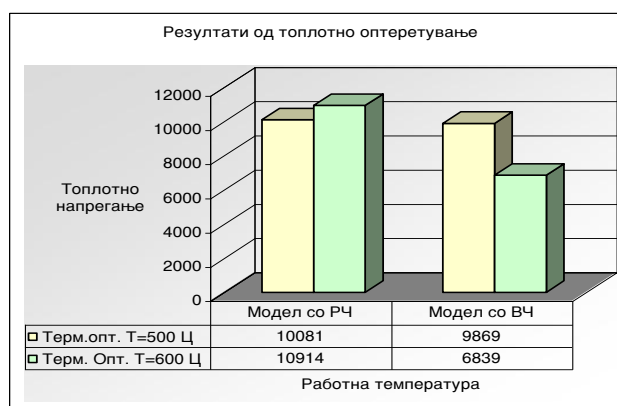
Вид на согорување	Напрегање од притисок	Напрегање од топлотно оптеретување
	I модел на клип со рам. чело	II модел на клип со вдлабнатина
Нормално согорување	200	169
I случај Детон. согор.	219	190
II сл. Детон. согор.	235	202
III сл. Детон. согор.	267	215
IV сл. Детон. согор.	282.7	228



Сл. 16. Дијаграм на компарација на добиените резултати од изведената анализа за оптеретување од притисок

Т а б е л а њ о р е д б а

Вид на оптеретување	Топотно напрегање	
	I модел на клип со рам. чело	II модел на клип со вдлабнатина
Терм. Оптерет. T=500 °C	10081	9869
Терм. Оптерет. T=600 °C	10914	6839



Сл. 17. Дијаграм на максималните вредности на топлотните напрегања FLUX MAG за двата вида модели за две различни почетни температури

Поврзано со податоците внесени во табела 2 на слика 17 е прикажан дијаграмот на добиените резултати од топлотното оптеретување со две различни почетни температури на двата вида модели.

ЗАКЛУЧОК

Во овј труд разгледана е состојбата на развојните процеси и новите тенденции во развојот и технологијата на клиповите.

Во контекст на технолошкиот процес од почетната идеја до финален производ во состав на фазата деталзирање, како можна метода на откривање на грешка при проектирање и изнаоѓање на оптимално решение, применет е методот FMEA и ALGOR - FEA дизајн.

Согласно на оваа фаза на деталзирање, во овој труд е направена симулативна пресметка со помош на на ALGOR - FEA, на два модели на дизајн на клип. Со промена на геометријата и испитување на влијанието на оптеретувањата од притисок и температура врз даден модел, се добиваат одредени резултати. Резултатите се изразуваат преку напрегања од притисок, температурен флуks и деформации на моделот, кои се прикажуваат со помош на колоритни полиња на моделот и табеларен приказ на тие полиња. Со визуелен преглед се одредуваат

максимално оптеретените места на клипот и нивните вредности (централното поле на челната површина, потпорите на клипот за клипната осовинка). Со споредување на резултатите се проценува и бира оптималното решение за дизајнот на клипот.

Освен тоа, може да се одредат местата на клипот каде постојат помали оптеретувања. На тие региони може да се редуцира масата на клипот, со што се постигнува современиот дизајн. Со редуцирање на масата на клиповите се добиваат подобри услови за изведување на работниот циклус, зголемување на степенот на искористување, намалување на инерцијалните сили, односно и намалување на вкупната маса на моторот.

Во понатамошниот развој со примена на CAD/CAM програми, како ALGOR – FEA, односно со комплетна и точна FEA анализа многустепено се скратува технолошкиот процес, фазата на детализирање, оптимално се искористува материјалот, се зголемува функционалната ефикасност и се намалува цената на чинење.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Reipert P. Dr-Ing ; *The computer assisted design of pistons*. Kolbenschmidt AG, Neckarsuim, Germany, C430/015, ImechE 1991
- [2] McNamara, J. Trevelyan ; *Crankshaft stress analysis – the combustion of finite element and boundary element techniques*. C430/030 , ImechE 1991
- [3] Gruden D. ; *Über den Stand der Entwicklung des Otto - motors für Personenwagen*. MTZ 50 Jahrgang 1989 Nr.1., MAHLE Kolbenkunde 1990
- [4] - . ; *Guide for users of Algor - FEA*. ALGOR, INC., Pittsburgh, 1996
- [5] - . ; *Algor Roadmaps version 2.04*. ALGOR, INC., Pittsburgh, 1995
- [6] Николов Е., Истражување на геометријата на просторот за согорување кај Ото – моторите од аспект на супербрзо бездетонантно согорување, магистерска работа, Машински факултет Скопје, 2000