

1. ВОВЕД

Еден од најголемите проблеми при простирањето на топлина со кондукција е одредувањето на вредноста на термофизичките својства на материјалите. Проблемот кој се разгледува е нестационарен со процес на разложување и аблација на материјалот. Во вакви услови каласичните начини за одредување на термофизичките својства не можат да се применат.

Поставената задача во докторската дисертација е одредување на термофизичките својства на композитните материјали при нестационарни услови на спроведување на топлина. Овие материјали се одликуваат со мала вредност на топлинската спроводливост и спаѓаат во групата на термозащитни материјали.

За одредување на термофизичките својства на материјалите во нестационарни услови е искористена метода за истовремено одредување на термофизичките карактеристики /1/ со користење на обратната задача на кондукција. За примена на оваа метода потребно е експериментално температурско поле. При истражувањето е утврдено дека за исти гранични услови при изведувањето на експериментите при промена на локациите на мерните сензори се добиваат различни вредности на термофизичките својства. Прашањето е која од добиените вредности треба да се земе како вредност на термофизичките својства.

Вредностите на термофизичките својства се добиваат со оптимален експеримент за одредување на термофизичките својства. Со оптималниот експеримент се одредува времето и локациите каде промената на зависно променливата е најголема при промена на параметрите. Валидна пресметана вредност на параметрите е онаа каде дисперзијата од пресметаните вредности на параметарот е минимална. Дисперзијата има минимална вредност ако детерминантата на осетливост има максимална вредност. Целата постапка при дефинирањето на оптималниот експеримент е максимизирање на детерминантата на осетливост.

Задача во дисертацијата е одредување на постапка за дефинирање на оптимален експеримент за одредување на термофизичките својства на композитните термозащитни материјали.

При процесот на термозащита на композитниот аблативен материјал се формираат три зони и тоа:

- зона на кокс;
- зона на пиролиза; и

- зона на неразложен материјал.

Во граничните услови на математичкиот модел за одредување на термофизичките својства со аблација, познати се вредностите на термофизичките својства на неразложениот материјал и коефициентот на премин на топлина од врелите гасови на материјалот, односно вредноста на топлинскиот флукс. Од овие причини, како дополнителна задача е одредување на термофизичките својства на неразложениот композитен материјал. Наведената задача е дефинирана со парцијалната параболична диференцијална равенка за спроведување на топлина.

Во втората глава е даден физичкиот, математичкиот и нумеричкиот модел при процесот на разложување и аблација на термозащитниот материјал. Поради сложеноста на процесите што се одвиваат при процесот на термозащита со разложување и аблација, математичкиот модел е решаван по нумерички пат. Термофизичките својства зависат од материјалот и во математичките модели претставуваат параметри.

Во глава 3.1, за одредување на вредноста на параметрите во парцијалната диференцијална равенка за пренос на топлина е применета обратната задача на кондукција. Пресметаната вредност на параметрите е добиена со минимизација на сумата од квадрати на разликата од измерената и пресметаната вредност. Разгледани се еднопараметарски и повеќепараметарски модели кои се линеарно и нелинеарно зависни од параметрите. Посебно се разгледани моделите претставени со парцијалната диференцијална равенка за спроведување на топлина. За дадените модели се дадени методите за минимизација на сумата од квадрати на разликата од измерената и пресметаната вредност.

Валидни вредности на термофизичките својства се добиваат со примена на оптимален експеримент за одредување на термофизичките својства. Во глава 3.2 предложена е постапка за дефинирање на оптимален експеримент. Постапката за дефинирање на оптималниот експеримент за одредување на термофизичките својства е направена за:

- материјали со голема вредност на топлинската спроводливост (металите);
- материјали со мала вредност на топлинската спроводливост кај кои не доаѓа до разложување под дејство на топлинскиот флукс (композитни материјали);
- материјали кои процесот на термозащита го вршат со разложување и аблација (композитни аблативни материјали).

Првите два материјали се земени како примери за дефинирање на оптимален експеримент и се во бездимензионален облик, а посебно

внимание е посветено на дефинирање на оптимален експеримент за материјалите кои процесот на термозаштита го вршат со разложување и аблација.

За одредување на вредноста на параметрите на материјалите е применета обратната задача на кондукција за која е потребна експериментално измерена вредност на температурското поле. Презентирана е експериментална апаратура за мерење на температурското поле во материјалот за кој се одредуваат термофизичките својства (глава 3.3.3). Експерименталната апаратура треба да ги задоволува условите дефинирани со оптималниот експеримент за одредување на термофизичките својства.

Вредностите на термофизичките својства зависат и од условите на примена. Со експерименталната апаратура се симулираат реалните услови на работа. Во дисертацијата, реалните услови на примена се дадени преку вредноста на топлинскиот флуks и вредноста на коефициентот на пренос на топлина.

За одредување на вредноста на топлинскиот флуks се разгледани повеќе методи. Проблемот за одредување на топлинскиот флуks е во групата на некоректно поставени задачи кои се карактеризираат со големи осцилации на пресметаната вредност. По извршената анализа на методите за пресметување на топлинскиот флуks направен е избор на метода која обезбедува мали осцилации на вредноста на пресметаниот топлински флуks. За одредување на вредноста на топлинскиот флуks е дефиниран оптимален експеримент врз чија основа е направена експериментална апаратура (глава 3.3.2).

Предмет на докторската дисертација е проучување и планирање на експериментот, односно изведување на оптимален експеримент. Во оптималниот експеримент за одредување на термофизичките својства се дефинира: број и локација на мерните сензори, време на траење на експериментот, време на делување на топлинскиот флуks, должина на испитуваниот примерок и др. кои доведуваат до максимална осетливост при промена на параметрите со цел да се постигне максимална точност при одредување на термофизичките својства.

Научниот придонес на докторската дисертација е развивање на постапка за дефинирање на оптимален експеримент за одредување на термофизичките карактеристики. Посебно внимание е посветено на одредување на вредноста на термофизичките својства со примена на оптимален експеримент на композитните аблативни материјали при услови на примена во зоната на пиролиза.

Анализирани се еднопараметарски и повеќепараметарски модели кои се линеарно и нелинеарно зависни од параметрите. Посебно внимание е посветено на оптимален експеримент за одредување на вредноста на параметрите на модел даден со парцијалната диференцијална равенка за спроведување на топлина. За да се оствари целта на дисертацијата дефиниран е оптимален експеримент за одредување на термофизичките својства на конкретен материјал (глава 3.2). Врз основа на оптималниот експеримент е добиено експериментално температурско поле кое претставува основа за добивање на валидните вредности на термофизичките карактеристики. За одредување на вредноста на термофизичките својства е искористена обратната задача на кондукција со минимизација на средните квадратни отстапувања од измерената и пресметаната вредност. За таа цел прикажана е метода на минимизација (глава 3.1) на средните квадратни отстапувања.

Во дисертацијата е изложена користената експериментална апаратура која е конструирана така да ги задоволи барањата од оптималниот експеримент. Апаратурата во потполност ги задоволува потребите за одредување на термофизичките карактеристики на композитните материјали. Врз основа на вредностите дефинирани со оптималниот експеримент се направени мерни епрувети за мерење на температурското поле за одредување на топлинскиот флуks и за мерење на температурското поле за одредување на термофизичките својства на испитуваниот композитен аблативен материјал.

Во глава 3.3 е дадена постапката за дефинирање на оптимален експеримент за одредување на термофизичките својства за зададени услови на примена и е дадено измереното температурско поле во испитуваниот композитен материјал. Врз основа на овој единствен експеримент се одредуваат вредностите на термофизичките својства на испитуваниот материјал со примена на нелинеарна оптимизација.

На крајот е изложен заклучок со што е заокружена една целина која претставува постапка за одредување на вредноста на термофизичките својства на материјалот во реални услови на примена.