



## VYUŽITIE TERMOVÍZIE NA DIAGNOSTIKU ZÁVAD V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSELE

Tibor DZURO - Štefan FRANKO - Miroslav BADIDA - Peter RUMAN

### USE OF THERMOGRAPHY DIAGNOSTICS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

#### ABSTRAKT

Využitie termovíznej diagnostiky v strojárskych praxi nachádza čoraz väčšie uplatnenie. Jednou z dôležitých oblastí je automobilový priemysel kde sa termovízia používa na diagnostiku závad ktoré by museli byť diagnostikované mechanickým rozobratím stroja alebo časti.

**Kľúčové slová:** termovízia, časti motora, infračervené, diagnostika porúch

#### ABSTRACT

Thermal imaging diagnostics has increased use in engineering practice. One of the important application fields is the automotive industry where thermal imaging is used to diagnose faults that would have to be diagnosed by mechanical disassembly of the machine or its parts.

**Key words:** thermal imaging, engine components, infrared, fault diagnosis

#### ÚVOD

V súčasnej dobe osobné automobily staršie ako 10 rokov vykazujú vo zväčšenej miere mechanické poškodenia, hlavne motorových komponentov čo vo zväčšenej miere vedie ku zlyhávaniu motorových častí, či už externých alebo interných. [1] Vyplýva to hlavne z namáhání týchto častí vysokým teplom, tlakom, trením a pod. Spolupracovali sme pri riešení problému s benzínovým spaľovacím motorom ktorý vykazoval známky zlej kompresie nedostatočného výkonu zlého spaľovania a zvýšených emisií. Snažili sme sa vykonať diagnostiku bez nutnosti rozoberania komponentov spaľovacieho motora, akými sú hlava motora, kryt hlavy motora, tepelný štít výfukového motora a sacieho a výfukového potrubia. [6]

#### I. PRIEBEH SKÚŠKY

Každý termovíznej skúške predchádza detailné zmapovanie podmienok okolia a miesta termovízneho merania. Bol zaznamenaný vonkajší tlak vzduchu, rýchlosť vetra, vlhkosť vzduchu a ambientná teplota. Objekt merania vzhľadom na stav, v ktorom sa nachádzal, nepreukazoval žiadne známky povrchovej vlhkosti a vzhľadom na jeho umiestnenie v motorovom priestore nebol významný ani vplyv vetra, ktorý v čase termovíznej skúšky dosahoval rýchlosť 4 km.h<sup>-1</sup>.

Predmetom termovízneho merania bol benzínový spaľovací motor typu Z5-DE DOHC 16V výroby Mazda z roku 1998 (obr. 1). Merania prebehli v kontinuálnom slede v časovom rozpätí 14 minút pri frekvencii snímkovania 10 sekúnd na jednu termovíznu snímku. Týmto sme zabezpečili detailné zmapovanie tepelných oblastí bloku motora, hlavy motora a výfukového potrubia pre zistenie problémovej časti spaľovacieho motora. Skúšky prebehli pri ambientnej teplote 17 °C.

Predmetný spaľovací motor bol v čase začiatku skúšok plne vychladený, aby sa dali zmapovať všetky tepelné zmeny bez ovplyvnenia okolitými objektmi, ktoré by mohli vytvárať reflexné žiarenie na povrchu meraného objektu a zároveň aby sa predišlo zakrytiu chyby prechodom tepla z už zahriatych častí spaľovacieho motora.



**Obr. 1 Mazda 323F**

Problémovou oblasťou bola hlavne hlava motora a výfukové potrubie, na ktoré sme sa pri meraní zamerali. Po naštartovaní spaľovacieho motora prebiehali detailné záznamy o teplotách povrchu motora, ambientnej teplote v blízkom okolí spaľovacieho motora a kládol sa dôraz na neprítomnosť akýchkoľvek predmetov v tesnej blízkosti, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť termovízne snímkovanie daného objektu.

Bola vytvorená sekvencia 84 termovíznych snímkov od spustenia motora po jeho plné zahriatie a otvorenie druhého chladiaceho okruhu. V momente, kedy sa druhý chladiaci okruh začal chladit' ventilátorom na chladiči chladiacej kvapaliny, bolo termovízne meranie ukončené a výsledky uložené na pamäťové médium, neskôr spracované pomocou software SmartView. [2]

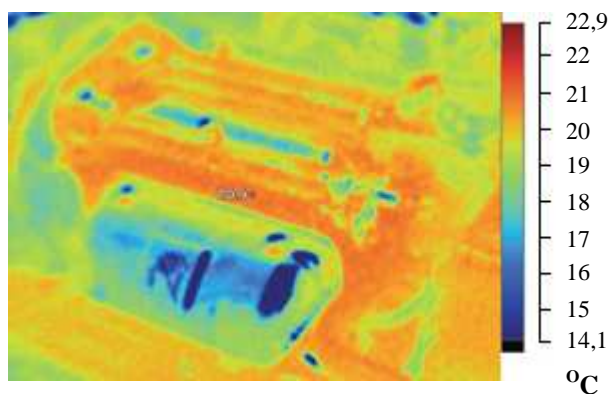
## **II. VYHODNOTENIE TERMOVÍZNEHO MERANIA**

Ako sa predpokladalo pri testovacej jazde pracovníkom autorizovaného servisu, motor vykazoval známky poškodenia alebo závady, ktorej diagnostika by znamenala rozobratie motora a ani to by nezabezpečilo správnosť diagnostiky len vizuálnym posúdením, alebo posúdením pomocou meracích prístrojov vo vybavení autoservisu. Časovo náročná servisná diagnostika sa takto zmenila na niekoľkokomínútovú záležitosť. [3]

Vo vyhodnotení sme sa zamerali hlavne na snímku plne zahriateho motora, pri ktorej boli zjavne viditeľné nedostatky. Išlo hlavne o tepelnú anomáliu v oblasti výfukového potrubia na 4. valci (obr. 2). [4]

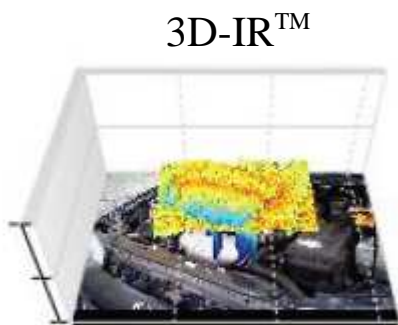


**Obr. 2 IR-fúzie**



**Obr. 3 Viditeľné svetlo**

Vzhľadom na fakt, že motor pri emisnej skúške vykazoval zvýšené emisie a hluk výfukového potrubia, sme dospeli k záveru, že problémovým je práve štvrtý valec na základe termovíznej snímky výfukového potrubia, ktoré vykázalo nižšiu teplotu oproti ostatným trom potrubiam pod tepelným štítom (obr. 3).



**Obr. 4 Graf**



**Obr. 5 IR-obrázok**

Tepelné hodnoty boli porovnané a zaznamenané v tabuľke pre potreby autorizovaného servisu.

**Hlavný obrázok značiek**

Meno	Teplota	Emisivita	Pozadie
Stredový bod	67,5 °C	0.95	17 °C

**Informácie o obrázku**

	IR-fusion
Pozadie teploty	17 °C
Emisivita	0.95
Priemerná teplota	67,5 °C
Obrazový rozsah	10 °C - 105 °C
Kamera - Model	Ti10
Kamera sériové číslo	Ti10-09040479
DSP verzia	1.2.9
OCA verzia	1.2.9.0
Výrobca	Fluke
Objektív popis	20 mm
Objektív sériové číslo	-
Čas obrázku	21/5/2013 11:57:09
Rozsah kalibrácie	-25.0 °C - 125.0 °C

Nastali dve možnosti chladnejšieho potrubia na 4. valci - zlý prívod zapaľovacej zmesi, alebo zlé horenie zapaľovacej zmesi. Z tohto dôvodu prebehlo testovanie vstrekovacej rampy kvôli možným únikom paliva buď cez vstrekovacie trysky a ich tesnenia, alebo kvôli upchatiu vstrekovacích trysiek. Závada sa v tomto bode nepotvrdila. Ďalším krokom bolo testovanie kompresie motora bez spaľovacieho procesu a rozbor motorového oleja pre prítomnosť paliva. Kompresia bola v norme stanovenej výrobcom spaľovacieho motora, no olej vykazoval malé zastúpenie nespáleného benzínu. Táto skúška bola vykonaná autorizovaným servisom. [4]

Poslednou možnosťou chyby bol elektrický systém zapaľovania. Keďže je automobilový zapaľovací systém konštruovaný odlišne od bežných elektrických systémov, je obtiažne diagnostikovať jeho chyby pomocou termovízie. Preto sa pristúpilo ku diagnostike pomocou elektrických meracích prístrojov. Diagnostikované boli zapaľovacie káble a ich odporové hodnoty, ktoré museli spĺňať hodnoty výrobcu na jeden meter dĺžky. Táto skúška vyhovela. Následne sa prešlo ku diagnostike zapaľovacích sviečok a rozdeľovača. Práve v tejto oblasti sa vyskytol problém, nakoľko primárne a sekundárne vinutie cievky rozdeľovača bolo mimo stanovených hodnôt výrobcu, čo malo za príčinu celkový zlý chod motora a nízky výkon, no problémom, ktorý zapríčinil zlý spaľovací proces na 4. valci bola hlava rozdeľovača s poškodením pinom pre rozvod elektrického napätia do zapaľovacieho kábla a ku zapaľovacej sviečke. Po výmene týchto častí a resetovaní riadiacej jednotky



motora sa táto chyba neopakovala a motor mal nielen výrazne zlepšený výkon, ale aj emisné hodnoty a spaľovacie teploty. [3]

## ZÁVER

Ako je možné vidieť na výsledkoch a priebehu merania, termovízne snímkovanie má veľký význam pri diagnostike chýb strojných zariadení bez toho, aby sa muselo takéto zariadenie dlhodobo odstaviť, alebo rozobrať. Nevznikajú zvýšené náklady spôsobené výmenou tesnení, ktoré je nutné meniť pri každom takom rozoberaní. Termovízne snímkovanie je vhodným spôsobom pre rýchlu diagnostiku a určenie závady a prispieva nielen ku správne odhadu chyby, ale aj ku ďalšiemu bezproblémovému chodu zariadení. [5]

## POĎAKOVANIE

*Tento príspevok vznikol v rámci projektu KEGA č. 049 TUKE-4/2012.*

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] CHUPÁČ, M.- ŠIMKO, M., 2007: Termovízia a jej využitie v praxi. Publisher: EDIS – ŽU, 110 s. ISBN 80-8070-654-8.
- [2] FRANKO, S., 2012: Návrh metodiky identifikácie energetických únikov budov pomocou termovízie. Dizertačná práca. Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky 189 p. Department of Environmental Studies.
- [3] NOWICKI, A.N., 2005: Infrared Thermography Handbook, Volume 1: Principles and Practice. 2005, Norman Walker, ISBN 9780903132338. Volume 2: Applications. 2005, BINDT, ISBN 9780903132338.
- [4] RICHARDSON, M. - SCHOLER, R., 1999: The capabilities of thermal imagers. - Fire International, 30-31. (1999, November)
- [5] TIPLER, P., 2004: Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, and Elementary Modern Physics (5th ed.). W. H. Freeman, 2004. ISBN 0-7167-0810-8.
- [6] ŽIVČÁK J., a kolektív, 2010: Termovízna diagnostika, Vydavateľstvo: TUKE, SjF, 2010, str. 214, ISBN: 9788055305332

## ADRESY AUTOROV:

**Ing. Tibor DZURO**, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 8, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: [tibor.dzuro@tuke.sk](mailto:tibor.dzuro@tuke.sk).

**Ing. Štefan FRANKO, PhD.**, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 8, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: [stefan.franko@tuke.sk](mailto:stefan.franko@tuke.sk).

**Dr.h.c., prof., Ing. Miroslav BADIDA, Phd.**, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: [miroslav.badida@tuke.sk](mailto:miroslav.badida@tuke.sk).

**Ing. Peter RUMAN**, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 8, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: [peter.ruman@tuke.sk](mailto:peter.ruman@tuke.sk).

### RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

### REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*