

Wojciech NAPADŁEK<sup>1</sup>

### **KSZTAŁTOWANIE WARSTWY WIERZCHNIEJ PŁASZCZA TŁOKA SILNIKA SPALINOWEGO Z WYKORZYSTANIEM ABLACYJNEJ MIKROOBRÓBKII LASEROWEJ**

*W pracy przedstawiono ideę oraz technologię kształtowania warstwy wierzchniej płaszcza tłoka silnika spalinowego z wykorzystaniem ablacyjnej mikroobróbki laserowej. W celu zmniejszenia pracy tarcia płaszcza tłoka z gładzią tulei cylindrowej poprzez teksturowanie laserowe wytworzono mikrozasobniki oleju w kształcie czasz półkolistych. Dokonano pomiarów geometrii zasobników oleju oraz topografii powierzchni. Stwierdzono, że przyjęte założenia rokują nadzieję na polepszenie współpracy skojarzenia płaszcza tłoka – gładź tulei cylindrowej.*

### **SHAPING THE TOP LAYER OF COMBUSTION ENGINE PISTON COAT WITH USAGE OF ABLATIONAL LASER MICROTOOLING.**

*The idea of combustion engine top layer piston coat technological shaping with usage of ablational laser microtooling was presented. The oil microchannels were produced in the shape of semicircular canopies to reduce the friction of the piston overcoat with cylinder funnel through laser texturing. The measurements of oil containers geometry and the topography surface were executed. It was affirmed that received principles augur the hope on improvement the co-operation of piston overcoat - cylinder funnel association.*

#### **1. WSTĘP**

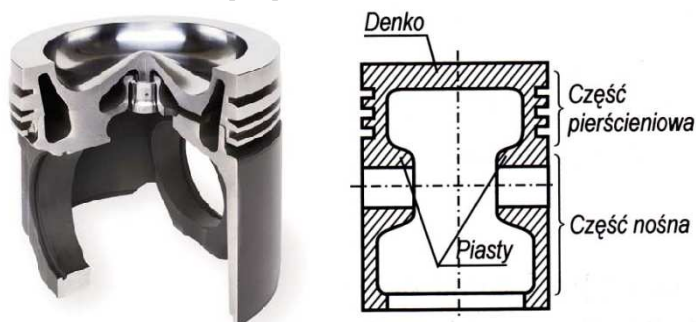
Tłok składa się z następujących elementów konstrukcyjnych: denka, części pierścieniowej, części nośnej, dwóch piast stanowiących ułożyskowanie sworznia tłokowego [1-2].

Tłok spełnia w silniku wiele odpowiedzialnych zadań. Jego denko stanowi ruchomą część komory spalania, jest więc narażone na duże ciśnienie i wysokie temperatury. Ciśnienia sięgają 7-15 MPa, zaś temperatury ok. 250-500°C. Ukształtowanie tłoka musi zapewniać odprowadzenie ciepła z denka i pozwolić na uchwycenie i prowadzenie pierścieni tłokowych uszczelniających komorę spalania. Poza tymi zadaniami tłok musi jeszcze spełniać dodatkowe warunki. Powinien być możliwie lekki, ponieważ to ułatwia wyrównowanie układu korbowego oraz zmniejsza obciążenie silnika wywołane siłami

---

<sup>1</sup> dr inż. Wojciech NAPADŁEK, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, 00-908 Warszawa, ul. Gen. S. Kaliskiego 2. Tel. (22) 683-73-57, e-mail: wnapadlek@wat.edu.pl

bezwładności. Ponadto materiał, z którego wykonany jest tłok musi mieć duży współczynnik przewodzenia ciepła, dużą odporność na zużycie w warunkach tarcia, dostateczną wytrzymałość w podwyższonych temperaturach, dobre właściwości ślizgowe, mały współczynnik rozszerzalności [1-3].



Rys. 1. Budowa tłoka silnika spalinowego

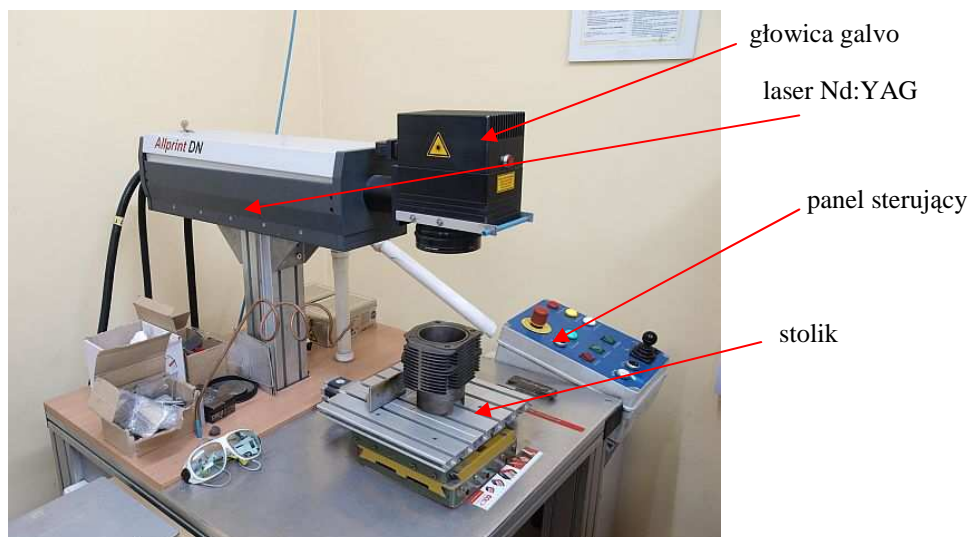
## 2. METODYKA BADAŃ

W ramach badań laboratoryjnych modyfikacji laserowej poddano warstwę wierzchnią powierzchni bocznej tłoka silnika samochodu Fiat 126p (rys. 2), w zakresie wytworzenia mikrozasobników olejowych w kształcie mikroczasz i mikrokanałów.



Rys. 2. Tłok silnika samochodu Fiat 126p wraz z korbwodem przed modyfikacją laserową

Ablacyjna mikroobróbka laserowa płaszcza tłoka silnika spalinowego samochodu marki Fiat 126p wykonana została na stanowisku laserowym w Bytomiu w firmie Colop z wykorzystaniem lasera Nd:YAG firmy Alltec – model Allprint DN (rys. 3).



Rys. 3. Laser Nd: YAG Allprint DN o parametrach: długość fali promieniowania  $\lambda = 1064 \text{ nm}$ , moc  $P = 100 \text{ W}$ , częstotliwość repetycji  $f = 100 \div 65000 \text{ Hz}$

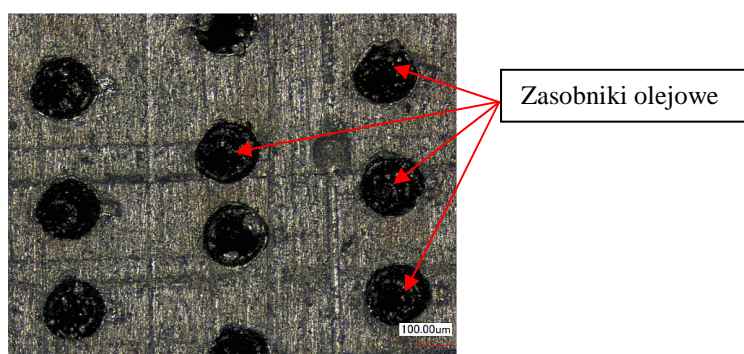
Do analizy topografii powierzchni wykorzystany został mikroskop konfokalny firmy Keyence VK-4820 (rys. 4), który umożliwia analizę topografii powierzchni badanego obiektu. Nowoczesny mikroskop daje możliwości przedstawienia w sposób graficzny oraz statystyczny profilu badanej powierzchni oraz umożliwia zapis i odczyt wszystkich zmierzonych wymiarów geometrycznych.



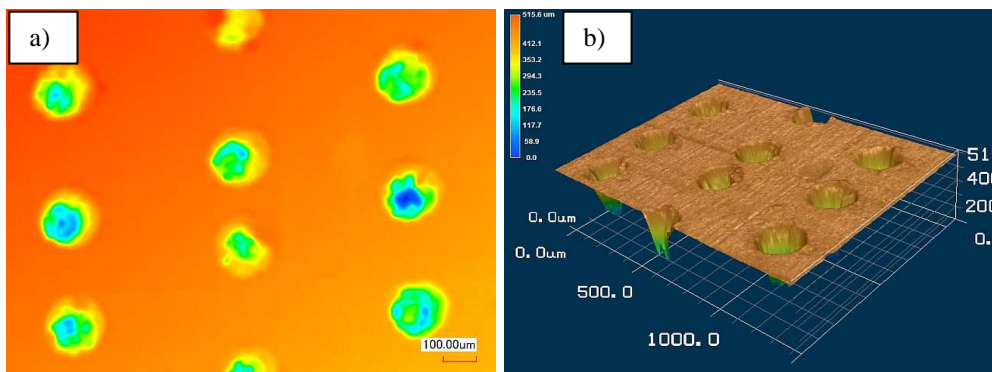
Rys. 4. Mikroskopy konfokalny Keyence VK-4820

### 3. WYNIKI BADAŃ

Płaszcz tłoka wykonany ze stopu aluminium AlSi13Mg1CuNi poddany został modyfikacji laserowej polegającej na wytworzeniu mikrozasobników olejowych przy następujących parametrach pracy lasera: długość fali promieniowania  $\lambda = 1064 \text{ nm}$ , gęstość mocy  $q = 2,23 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ , czas ekspozycji  $\tau = 180 \text{ }\mu\text{s}$ , częstotliwość repetycji  $f = 5 \text{ Hz}$ . Strefę mikrozasobników olejowych otrzymanych podczas impulsowej mikroobróbki laserowej przedstawia rys. 5. Wykonano obraz dwuwymiarowy strefy mikrozasobników olejowych – profilogram 2D (rys. 6a) oraz obraz trójwymiarowy przestrzenny – profilogram 3D (rys. 6b).



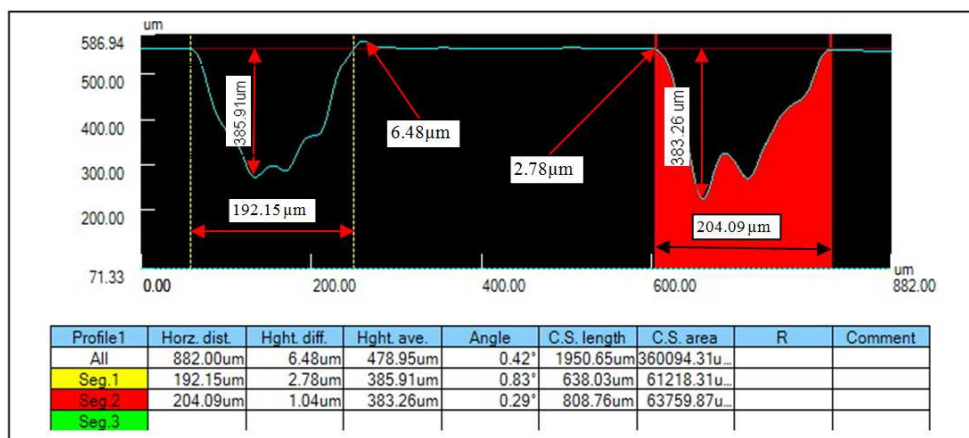
Rys. 5. Topografia powierzchni płaszczka tłoka z naniesionymi mikrozasobnikami olejowymi w kształcie półczasz. Parametry pracy lasera:  $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ,  $q = 2,23 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\tau = 180 \text{ }\mu\text{s}$ ,  $f = 5 \text{ Hz}$



Rys. 6. Profilogram 2D (a) oraz 3D (b) warstwy wierzchniej płaszczka tłoka silnika spalinowego po mikroobróbce laserowej z rys. 5

Modyfikację laserową powierzchni bocznej tłoka przy zastosowaniu ww. parametrów pracy lasera wytworzono mikrozaszary o zbyt dużych wymiarach geometrycznych. Wymiary zasobników przedstawiają się następująco: średnica – 188-192  $\mu\text{m}$ , wysokość – 353-386  $\mu\text{m}$ , wysokość wypłytki powstałej po obróbce laserowej wynosi średnio ok. 6  $\mu\text{m}$ .

Analizę efektów teksturowania laserowego warstwy wierzchniej płaszcza tłoka przeprowadzono na mikroskopie konfokalnym Keyence VK-4820. Wytworzony w warunkach laboratoryjnych mikrozasobnik olejowy posiada charakterystycznie rozwiniętą dolną strefę (dno mikrozaszary), wynikającą z dwumodowej pracy lasera. Wiązka laserowa nie posiadała równomiernego rozkładu energii w impulsie, w wyniku czego mikrozasobniki olejowe posiadają nieregularny kształt dna (rys. 7).



Rys. 7. Zwymiarowana topografia płaszcza tłoka zmodyfikowanego przy zastosowaniu ablacyjnej mikroobróbki laserowej o następujących parametrach:  $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ,  $q = 2,23 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\tau = 180 \mu\text{s}$ ,  $f = 5 \text{ Hz}$

W celu zmniejszenia efektów ablacyjnej mikroobróbki laserowej i w rezultacie wykonanie mikrozasobników olejowych o mniejszych wymiarach geometrycznych (średnica  $\varnothing = 80 \div 100 \mu\text{m}$ , wysokość  $H = 20 \mu\text{m}$ ) należy zmniejszyć gęstość mocy do poziomu  $q = 0,90 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ .

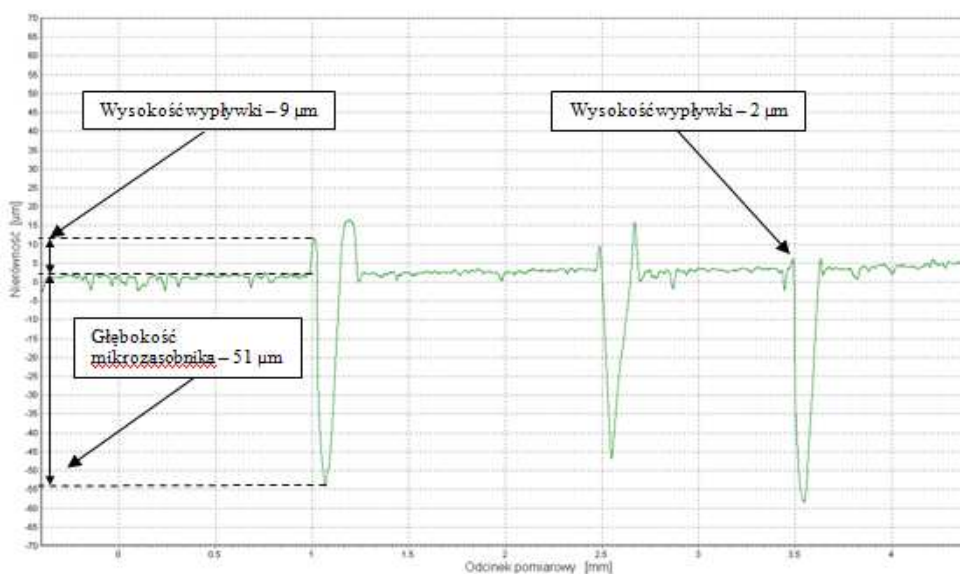
W wyniku przeprowadzonej impulsowej mikroobróbki laserowej przy parametrach  $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ,  $q = 0,90 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\tau = 135 \mu\text{s}$ ,  $f = 3 \text{ Hz}$  uzyskano następujące parametry mikrozasobników olejowych:

- średnica A - 80  $\mu\text{m}$ ,
- wysokość H - 20  $\mu\text{m}$ ,
- wysokość wypłytki h - 1  $\mu\text{m}$ .

Badania laboratoryjne zmodyfikowanej warstwy wierzchniej płaszcza tłoka silnika spalinowego przeprowadzone zostały również na profilometrze Taylor Hobson. Przedstawiony na rys. 8 profil powierzchni płaszcza tłoka silnika spalinowego z wytworzonymi na niej mikrozasobnikami olejowymi wykazuje różnice wymiarów i

kształtu mikrozasobników olejowych w stosunku do wyników otrzymanych na mikroskopie konfokalnym. Niezgodność wymiarów geometrycznych w zakresie głębokości mikrozasobników olejowych wynika z ograniczonego zakresu pomiarowego nierówności profilometru (do 50  $\mu\text{m}$ ).

Znaczne różnice w wymiarach głębokości mikrozasobników olejowych pomiędzy mikroskopem konfokalnym i profilometrem, wynikające z niemożliwości wykonania pomiaru nierówności o wymiarach większych od zakresu pomiarowego używanego profilometru (do 50  $\mu\text{m}$ ), czynią go nieprzydatnym do badań topografii powierzchni teksturowanej laserowo w zakresie wytwarzania mikrozasobników olejowych.



Rys. 8. Profil powierzchni bocznej tłoka silnika spalinowego z wytworzonymi na niej mikrozasobnikami olejowymi przy następujących parametrach pracy lasera: gęstość mocy  $q = 0,90 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ , czas oddziaływania wiązki laserowej  $\tau = 135 \mu\text{s}$ , częstotliwość repetycji  $f = 3 \text{ Hz}$ , profilometr Taylor Hobson

#### 4. WNIOSKI

- 1) W procesach technologicznych oddziaływania wiązki laserowej z materiałem bardzo duże znaczenie odgrywa prawidłowe rozpoznanie charakteru oddziaływania wiązki lasera z materiałem, dobór odpowiedniego rodzaju promieniowania oraz dobór prawidłowych parametrów procesu obróbki (gęstość mocy  $q$ , czas trwania impulsu  $\tau$ , częstotliwość repetycji  $f$ , prędkość skanowania  $v$ ).
- 2) Stosując ablacijną mikroobróbkę laserową przy odpowiednio dobranych parametrach, możliwe jest wytworzenie na płaszczu tłoka silnika spalinowego mikrozasobników olejowych o różnych kształtach i układach geometrycznych. Pozwala to na poprawienie warunków współpracy skojarzenia płaszcz tłoka – tuleja cylindrowa, poprzez

wytworzenie mikrofilmu olejowego, który skutecznie rozdzieli ww. elementy, zwłaszcza w warunkach dużego obciążenia cieplnego mechanicznego i termicznego.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Wajand J. A., Wajand J. T.: Tłokowe silniki spalinowe średnio i szybko obrotowe. WNT, Warszawa 2005.
- [2] Napadłek W.: Modele tribologiczne współpracy skojarzenia tłok - pierścienie tłokowe – tuleja cylindrowa silnika spalinowego. Tribologia ISSN 0208-7774 Nr 5/2009, s. 135-145.
- [3] Napadłek W.: *Zastosowanie ablacji laserowej dla zwiększenia trwałości tribologicznej elementów skojarzenia T-P-C silnika spalinowego.* 13TH International Conference Computer Systems Aided Science, Industry And Transport „Transcomp 2009”, Radom 2009.