

Tadeusz BURAKOWSKI  
Wojciech NAPADŁEK

## MIKROOBRÓBKA LASEROWA – MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWAŃ W PRZEMYSŁE

**STRESZCZENIE**      *Prezentowano autorski podział laserowej modyfikacji warstwy wierzchniej materiałów i elementów maszyn ze względu na: rodzaj (oczyszczanie, teksturowanie, umacnianie, przetapianie), przedmiot modyfikacji oraz główne przeznaczenie. Ze względu na ograniczenie objętościowe artykułu opisano przykłady możliwości ablacyjnego oczyszczania laserowego elementów silników spalinyowych, nadwozi samochodowych oraz powłok lakierniczych. Opisano również przykłady mikroteksturowania i mikroprzetapiania stopów Fe- C. Uzyskano bardzo obiecujące efekty technologiczne.*

**Słowa kluczowe:** *promieniowanie laserowe, ablacyjna mikroobróbka laserowa, warstwa powierzchniowa, elementy maszyn*

---

**prof. dr hab. inż. Tadeusz BURAKOWSKI**  
e-mail: wach@imp.edu.pl

Politechnika Koszalińska

**dr inż. Wojciech NAPADŁEK**  
e-mail: wnapadlek@wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna  
Wydział Mechaniczny

## 1. WSTĘP

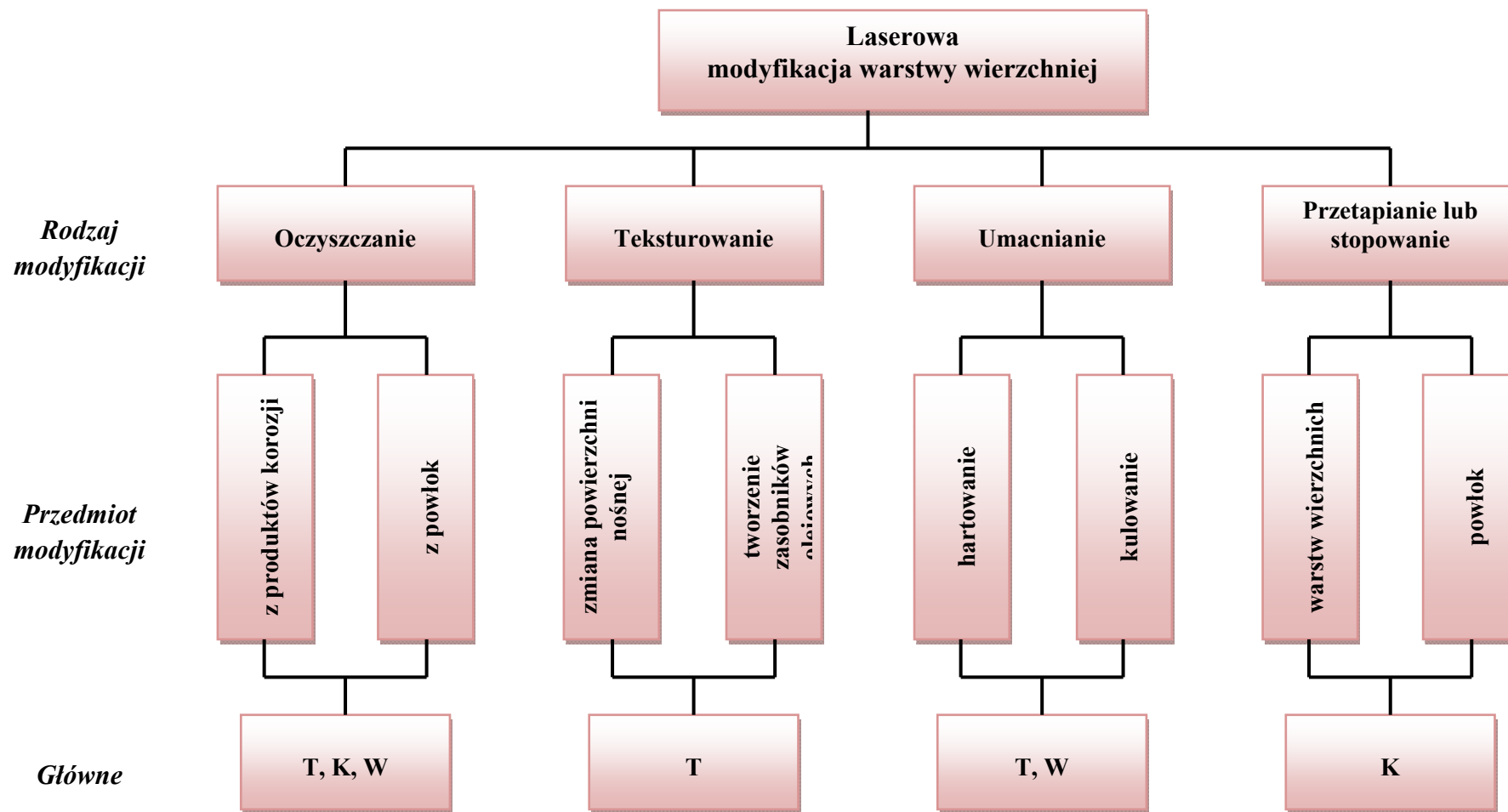
---

W nowoczesnej inżynierii powierzchni coraz większą rolę odgrywają areologiczne obróbki laserowe. Do ich realizacji początkowo wykorzystywane były lasery o pracy ciągłej, głównie molekularne gazowe pracujące w obszarze podczerwieni oraz lasery na ciele stałym, głównie Nd: YAG. Obecnie coraz więcej technologii jest, lub może być realizowanych przy wykorzystaniu laserów impulsowych o dużej energii w impulsie i krótkim czasie jego trwania a także o dużej repetycji impulsów, przeważnie Nd: YAG. Coraz częściej w inżynierii powierzchni stosowane są lasery włóknowe i diodowe dużej mocy.

Nowoczesne lasery umożliwiają realizowanie szeregu technologii z przetapianiem lub bez przetapiania materiału obrabianego, z odparowaniem lub bez odparowania części materiału obrabianego, z wykorzystaniem energii powstającej fali uderzeniowej lub bez jej wykorzystania. Przy tym technologie mogą być stosowane samodzielnie lub jako element systemu technologii hybrydowych. Mogą być także technologiami alternatywnymi, ale w większości przypadków są technologiami unikalnymi, niemożliwymi do zastąpienia przez inne technologie. We wszystkich przypadkach technologie umożliwiają modyfikację warstwy wierzchniej materiału rodzimego lub powłoki, w celu uzyskania wysokich, na ogół niemożliwych do uzyskania innymi technologiami właściwości, wykorzystywanymi zwłaszcza do poprawy odporności tribologicznej, zmęczeniowej i korozyjnej obrabianych wsadów.

Główne kierunki laserowej modyfikacji warstw wierzchnich rdzenia i powłok to: oczyszczanie powierzchni, teksturowanie warstwy wierzchniej, jej umacnianie i przetapianie. W rozważaniach nie uwzględniono nadtapiania laserowego, ponieważ technologia ta wchodzi w nieporuszany tu obszar wytwarzania powłok.

Na rysunku 1 pokazano najważniejsze rodzaje laserowej modyfikacji warstw wierzchnich, przedmiot modyfikacji i główne przeznaczenie.

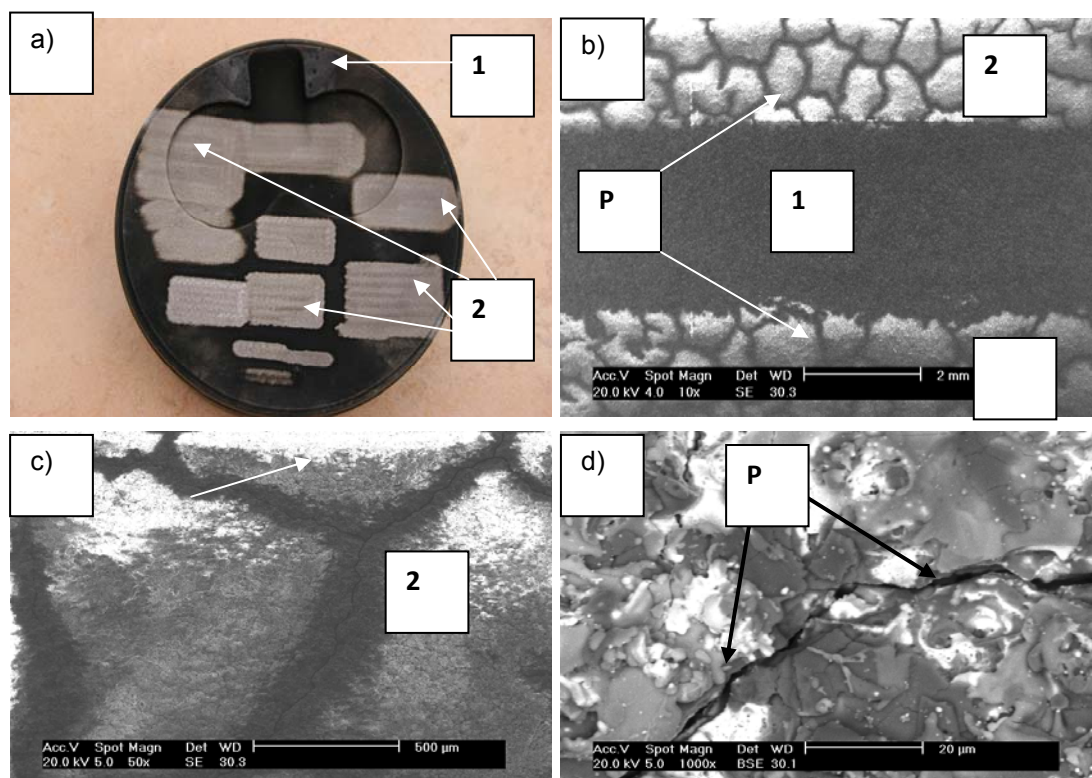


K – poprawa odporności korozyjnej, T – poprawa odporności tribologicznej, W – poprawa wytrzymałości zmęczeniowej

Rys. 1. Najważniejsze rodzaje modyfikacji, ich przedmiot i przeznaczenie

## 2.1. Oczyszczanie laserowe z produktów korozji

Przykładem ablacyjnego oczyszczania laserowego warstwy wierzchniej elementów silnika jest usuwanie nagaru z powierzchni denka i płaszcza tłoka (rys. 2, 3).

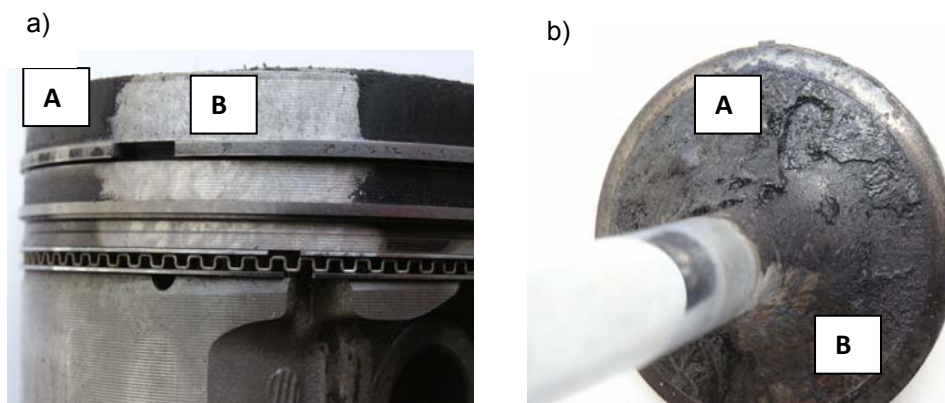


**Rys. 2.** Topografia powierzchni termoizolacyjnej powłoki barierowej TBC<sub>s</sub> (40%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ZrO<sub>2</sub>+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) na denku tłoka silnika spalinowego 4CT90 po próbie na stanowisku hamowania i oczyszczeniu laserowym z warstwy nagaru: a) widok denka tłoka z obszarami oczyszczonymi laserowo przy różnych parametrach obróbki, b) fragment topografii powłoki ceramicznej z widocznymi obszarami przed (nagar) i po oczyszczeniu – widoczna regularna siatka mikropęknięć w strefie oczyszczonej, c - d) strefy powłoki barierowej oczyszczonej laserowo;

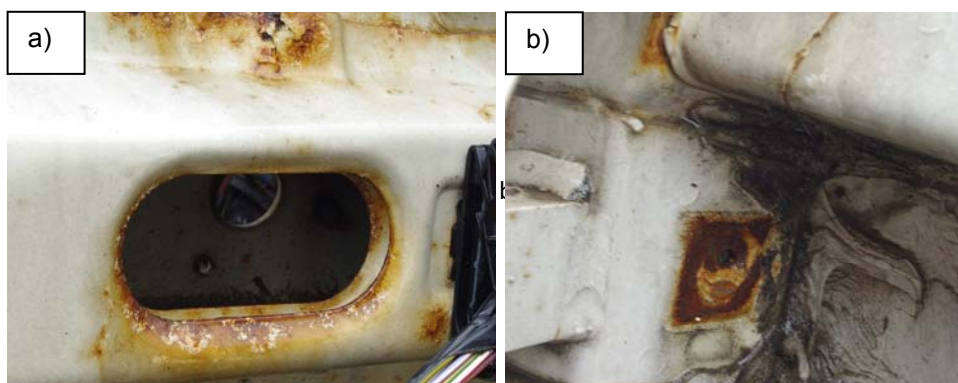
1 – strefy powłoki pokrytej nagarem będącym produktem spalania mieszanki paliwowo-powietrznej, 2 – strefy powłoki oczyszczonej laserowo z nagaru, P – mikro- i makropęknięcia jako efekt szoków termicznych i wyzwiania się naprężeń własnych

Obiecujące rezultaty technologiczne uzyskano przy oczyszczaniu laserowym skorodowanych elementów nadwozi samonośnych samochodów (rys. 4 – 7).

Obserwując powierzchnię próbki stalowej (wycinek z blachy nadwozia samochodu osobowego), oczyszczoną z intensywnej korozji wieloimpulsowym promieniowaniem laserowym o gęstości mocy  $q = 3,06 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , poddanej oddziaływaniu 20 impulsów/cm<sup>2</sup>, zauważa się wyraźną różnicę pomiędzy powierzchnią, z której korozja została usunięta, a powierzchnią zanieczyszczoną (rys. 5, 6).



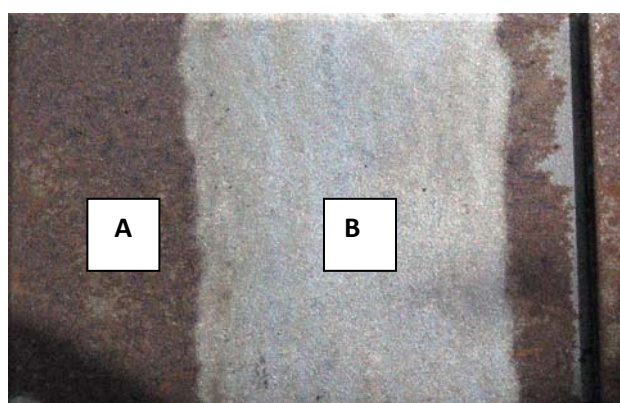
**Rys. 3.** Przykłady technologicznego zastosowania ablacyjnego oczyszczania laserowego elementów silników z widocznymi charakterystycznymi strefami warstwy wierzchniej tłoka (a), pierścieni tłokowych (a), zaworu silnika spalinowego (b) po oczyszczeniu wiązką lasera impulsowego Nd: YAG o gęstości energii  $2 \text{ J/cm}^2$ , czasie ekspozycji impulsu  $10 \text{ ns}$ ; A – warstwa powierzchniowa nie oczyszczona, B – warstwa powierzchniowa po oczyszczeniu



**Rys. 4.** Fragmenty stref nadwozia samonośnego samochodu osobowego pokrytych korozją w trudnodostępnych strefach: a) skorodowane otwory w lewym przednim wzmocnieniu, b) miejsce łączenia profili w lewym przednim słupku

**Rys. 5.** Powierzchnia blachy wyciętej z nadwozia samonośnego samochodu, pokryta korozją o różnej intensywności oraz lokalnie oczyszczona promieniowaniem lasera Nd: YAG o gęstości energii  $q = 5 \text{ J/cm}^2$ , czasie ekspozycji impulsu ok.  $10 \text{ ns}$ , częstotliwości repetycji  $10 \text{ Hz}$ :

A – powierzchnia pokryta korozją;  
B – powierzchnia oczyszczona laserowo

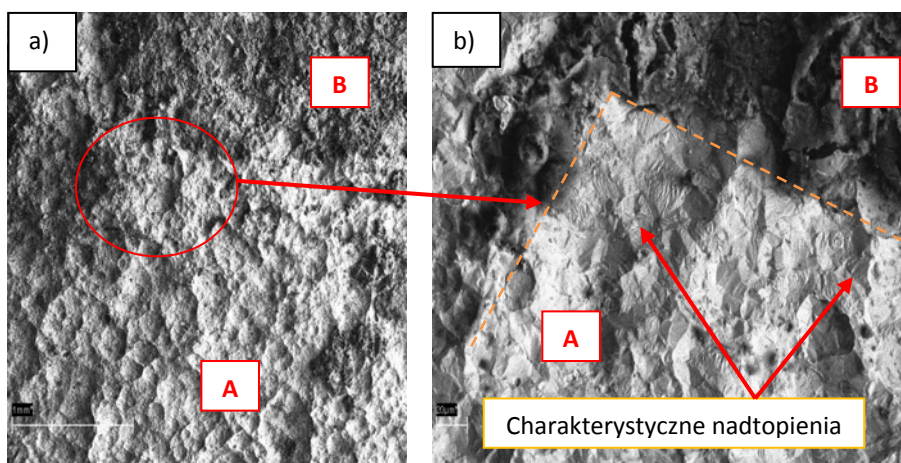




W wyniku oczyszczania laserowego produkty korozji zostały prawie całkowicie usunięte. Czysta powierzchnia charakteryzuje się dużymi nierównościami, które są efektem niszczącego działania korozji (rys. 6b). Dzięki zastosowaniu oczyszczania laserowego w celu usunięcia intensywnej korozji, można skutecznie usunąć nawarstwienia tlenkowe (tlenki żelaza i inne), jednak trudno jest uniknąć efektu mikronadtopień warstwy wierzchniej. Mimo tych ubocznych skutków oddziaływania uzyskuje się powierzchnie metalu o wysokiej czystości. W przypadku zastosowania obróbki mechanicznej, mającej na celu usunięcie korozji, zostałaby zdjęta bardzo duża objętość materiału. Skutkiem tego typu operacji jest znaczne zmniejszenie przekroju krytycznego, a tym samym osłabienie wytrzymałości mechanicznej i zmęczeniowej materiału konstrukcji skorodowanego elementu nadwozia samonośnego lub ramy. Jest to również związane ze znacznym zwiększeniem zużytej w naprawie masy szpachlowej, co niekorzystnie wpływa na jakość naprawy.

Ablacyjne oczyszczanie laserowe pozwala uzyskać bardzo wysoką czystość metaliczną materiału, zbliżoną do stanu przed naprawą oraz istotnie wpływa na zminimalizowanie ilości materiałów stosowanych do naprawy samochodów (np. szpachli).

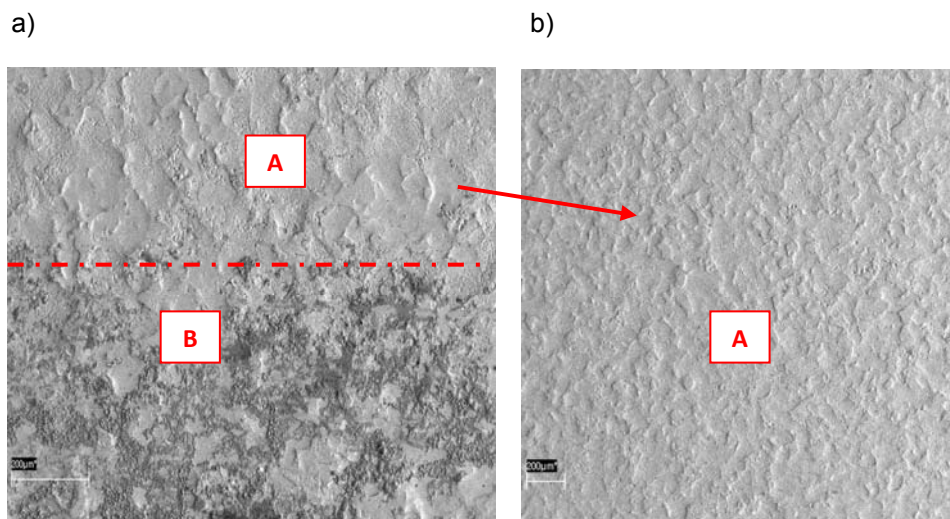
Analizując powierzchnię próbki oczyszczonej z korozji wżerowej (rys. 6), przy zadanych parametrach, można zaobserwować, że w wyniku ablacji laserowej korozja nie została całkowicie usunięta. Zmodyfikowana warstwa wierzchnia stali charakteryzuje się licznymi mikronadtopieniami powstałymi w wyniku wieloimpulsowego działania promieniowania o dużej gęstości mocy.



**Rys. 6. Powierzchnia próbki blachy stalowej nadwozia samochodu osobowego, oczyszczonej z korozji wżerowej impulsowym promieniowaniem laserowym o gęstości mocy  $q = 3,06 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , stopień przykrycia  $20 \text{ imp/cm}^2$ : a) granica strefy oczyszczonej i pokrytej korozją – widok ogólny, b) strefa z zaznaczoną granicą oczyszczenia, widoczne nadtopienia na oczyszczonej powierzchni, powstałe w wyniku działania impulsów laserowych; A – powierzchnia oczyszczona, B – powierzchnia nieoczyszczona, pokryta korozją wżerową**

Analizując powierzchnię próbki oczyszczonej z korozji powierzchniowej promieniowaniem impulsowym (rys. 7a), można zaobserwować wyraźną granicę oczyszczenia powierzchni, świadczącą o wysokiej efektywności procesu.

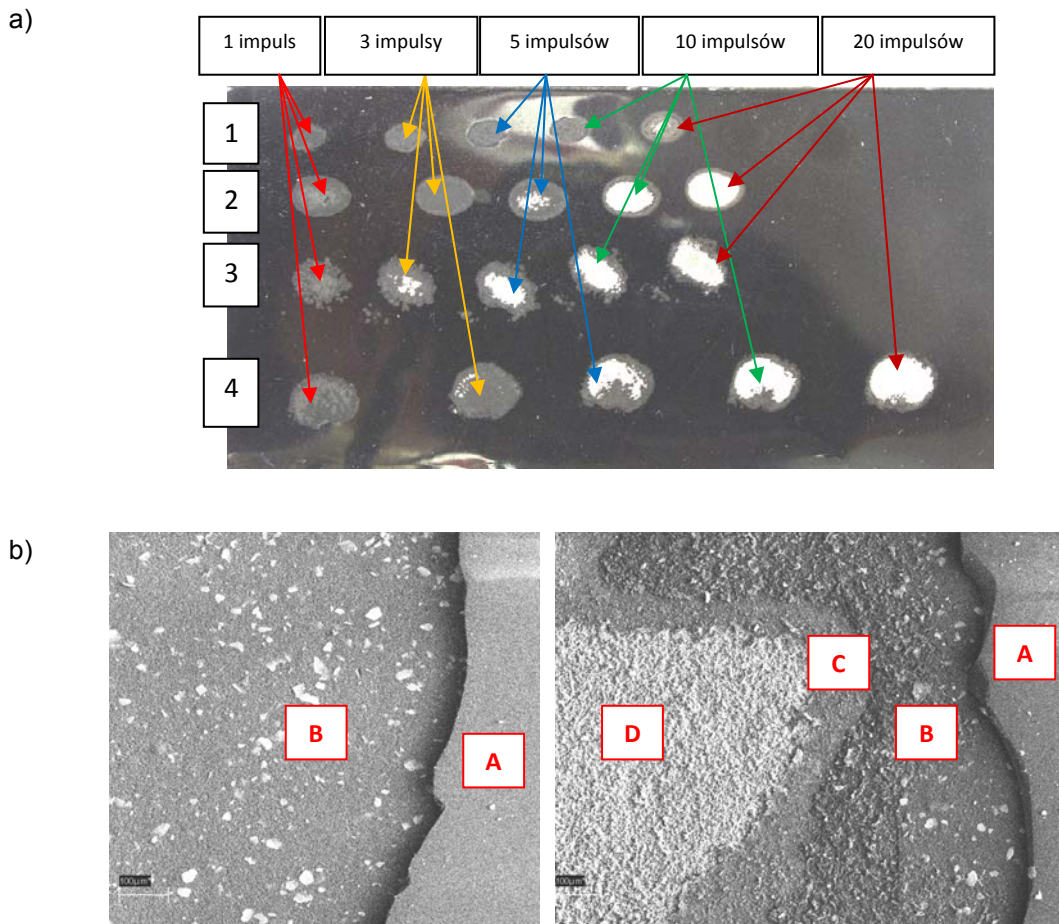
Efektom długiego oddziaływania promieniowania laserowego jest powstawanie mikronadtopień powierzchniowych, które nie wpływają znacząco na właściwości mechaniczne oczyszczanej blachy i są możliwe do zaakceptowania przy nakładaniu różnego rodzaju powłok. Próbkę poddawaną impulsom laserowym o gęstości mocy  $q = 2,22 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , czasie ekspozycji  $t = 10 \text{ ns}$ , przemieszczaną z prędkością  $v = 500 \text{ mm/min}$  nie została dokładnie oczyszczona. Na powierzchni pozostały drobne produkty korozji. Przy większej prędkości posuwu stolika pomiarowego warstwa wierzchnia poddawana była oddziaływaniu mniejszej ilości impulsów laserowych na jednostkę powierzchni. Efektom krótszego czasu ekspozycji są mniejsze nadtopienia, jednak produkty korozji nie zostały w pełni usunięte. Powierzchnia blachy nadwozia oczyszczanej laserowo z korozji przy ww. prędkości skanowania, wymaga powtórnego oczyszczania laserowego. Wydłuża to proces technologiczny przygotowania powierzchni przed lakierowaniem renowacyjnym, ale ma również zaletę – znacząco zmniejsza liczbę mikroobszarów z nadtopieniami powierzchniowymi. Chropowatość ( $R_a$ ) powierzchni oczyszczanej laserowo wynosiła 6-12  $\mu\text{m}$ , natomiast powierzchnia skorodowana posiadała bardzo zróżnicowaną chropowatość w przedziale 10-25  $\mu\text{m}$ . W strefach, gdzie dokonano usunięcia nawarstwień korozyjnych, przeprowadzona analiza składu chemicznego w mikroobszarach wykazała brak obecności tlenu, siarki i krzemu.



**Rys. 7. Powierzchnia stalowej próbki pobranej z nadwozia samonośnego samochodu, oczyszczonej z korozji powierzchniowej impulsami laserowymi o gęstości mocy promieniowania  $q = 2,22 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , czasie ekspozycji impulsu laserowego – 10 ns, prędkości posuwu stolika  $v = 200 \text{ mm/min}$ , dla częstotliwości repetycji 10 Hz: a) mikroobszar ze strefami przed i po oczyszczeniu laserowym, b) mikroobszar efektywnie oczyszczony laserowo, bez śladów korozji powierzchniowej: A – powierzchnia oczyszczona laserowo, B – powierzchnia nieoczyszczona, pokryta korozją powierzchniową**

## 2.2. Oczyszczanie laserowe z powłoki lakierowej

Analizując strefę usuniętej warstwy lakieru bezbarwnego, która została poddana działaniu jednego impulsu laserowego o gęstości mocy  $q = 0,87 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , można wyróżnić wyraźną granicę między warstwą lakieru bezbarwnego i lakieru bazowego z wypełniaczem metalicznym ze stopu Al. Krawędź usuniętego lakieru bezbarwnego jest wyraźna (ostra) i nie widać śladów nadtopień. Wyraźnie widoczne są wtrącenia metaliczne (płytki aluminiowe), dodane do lakieru bazowego. Wyrzucenie cząstek metalicznych widocznych na lakierze bezbarwnym jest wynikiem działania procesu ablacji, podczas której wytwarzane jest bardzo duże ciśnienie (ok. 500-800 bar) występujące w strefie działania impulsu laserowego.



**Rys. 8. Powierzchnia próbki wyciętej z nadwozia samonośnego samochodu z naniesioną metaliczną powłoką lakierową:** a) powierzchnia powłoki lakierowej poddana działaniu jednego impulsu laserowego o gęstości mocy  $q = 3,35 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , czasie ekspozycji impulsu laserowego – 10 ns, b) powierzchnia powłoki lakierowej poddana 20 impulsom laserowym o gęstości mocy  $q = 3,35 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ , A – lakier bezbarwny, B – lakier bazowy z wypełniaczem metalicznym, C – warstwa podkładowa, D – grunt



W wyniku oddziaływania 20 impulsów laserowych o gęstości mocy promieniowania  $q = 2,22 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$  odsłonięty został lakier bazowy, warstwa podkładowa oraz grunt kataforetyczny.

Można zauważyć także (podobnie jak w poprzednim przypadku) wyraźną granicę między warstwą lakieru bezbarwnego i lakieru bazowego, co świadczy o dużej dynamice procesu oczyszczania. W wyniku oddziaływania impulsu laserowego o większej gęstości mocy, prawdopodobnie znacznie wzrosło ciśnienie generowane plazmą laserową. Spowodowało to dynamiczne wyrzucenie wypełniacza, tj. mikrocząstek metalicznych wykonanych ze stopu aluminium.

Analizując powierzchnię powłoki lakierowej, która została poddana działaniu 1 impulsu laserowego o gęstości mocy  $q = 3,35 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$  (rys. 8), można wyróżnić granicę między warstwą lakieru bezbarwnego i lakieru bazowego z wypełniaczem metalicznym (mikrocząstki ze stopu Al). Krawędź granicy jest równa (ostra) i nie widać nadtopień. W wyniku oddziaływania większej energii impulsu laserowego na powierzchni materiału, ablacji uległa większość wtrąceń metalicznych.

W wyniku działania 20 impulsów laserowych dla tych samych warunków oczyszczania, usunięte zostały 3 warstwy powłoki lakierowej: lakier bezbarwny, lakier bazowy i warstwa podkładowa. Spowodowało to również odsłonięcie gruntu kataforetycznego.

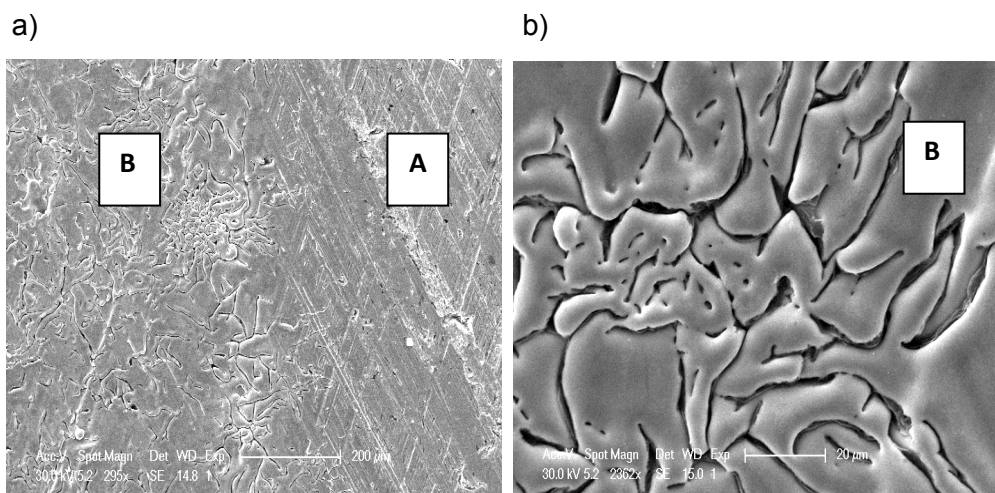
---

### 2.3. Nadtapianie

Jedną z często stosowanych technologii laserowych jest nadtapianie. Przy długich czasach ekspozycji (od kilku do kilkudziesięciu milisekund) warstwy elementów maszyn, dominuje głównie efekt cieplny, powodujący nagrzewanie i topnienie materiału. W wyniku zjawiska samochłodzenia, zachodzą przemiany fazowe, powodujące rozdrobnienie mikrostruktury oraz krystalizację. Bardzo często następuje wzrost mikrotwardości, głównie dla stopów Fe-C podlegających procesom hartowania. Przy dużych mocach laserów, po skupieniu wiązki laserowej na małej powierzchni można uzyskać bardzo wysokie gęstości mocy, co dzięki dobremu przewodnictwu cieplnemu pozwala na bardzo głębokie wnikanie promieniowania w materiał. Uzyskuje się wtedy warstwę wierzchnią nadtopioną lub przetopioną oraz głębiej położone strefy materiału podlegające przemianom fazowym a także wytworzenie mikrostruktury o wysokich walorach technologicznych. Są to na ogół procesy w skali makro. Przy długich czasach oddziaływania promieniowania laserowego zachodzą wtedy procesy w makroskali, pozwalające na przetapianie materii do głębokości od dziesiątych części milimetra, nawet kilku milimetrów.

We współczesnych procesach technologicznych, głównie dotyczących modyfikacji warstwy wierzchniej dominują obróbki w skali mikro- i nanotechnologii. Dzięki temu obróbki te mogą być stosowane jako ostateczne (wykańczające). Przy bardzo krótkich impulsach (nano-, piko- i femtosekundowych) oddziaływanie cieplne jest bardzo małe lub tak znikome, że dominuje praktycznie czysta ablacja. Przy tak krótkich czasach oddziaływania i odpowiednim zogniskowaniu wiązki laserowej, można uzyskać bardzo duże gęstości mocy, a zachodzące procesy przemian fazowych są zbliżone do amorfizacji. Taką obróbkę często nazywa się szklwieniem (amorfizacją). Oddziaływanie promieniowania laserowego jest na ogół bardzo małe i płytkie (od kilkudziesięciu nano- do kilkuset mikrometrów).

Jednym z charakterystycznych przykładów jest mikronadtapienie warstwy wierzchniej żeliwa (stop Fe-C o podwyższonej zawartości węgla - > 2%). Ta technologia ma duże perspektywy przy modyfikacji gładzi tulei cylindrowych silników spalinowych (rys. 9).



**Rys. 9. Topografia gładzi żeliwnej tulei cylindrowej po mikronadtapieniu powierzchniowym impulsowym promieniowaniem laserowym ( $\lambda = 1064$  nm): a) widok granicy materiału w stanie przed i po mikronadtapieniu, b) nadtopiona mikrostręfa żeliwa w obrębie rozetki grafitu;**

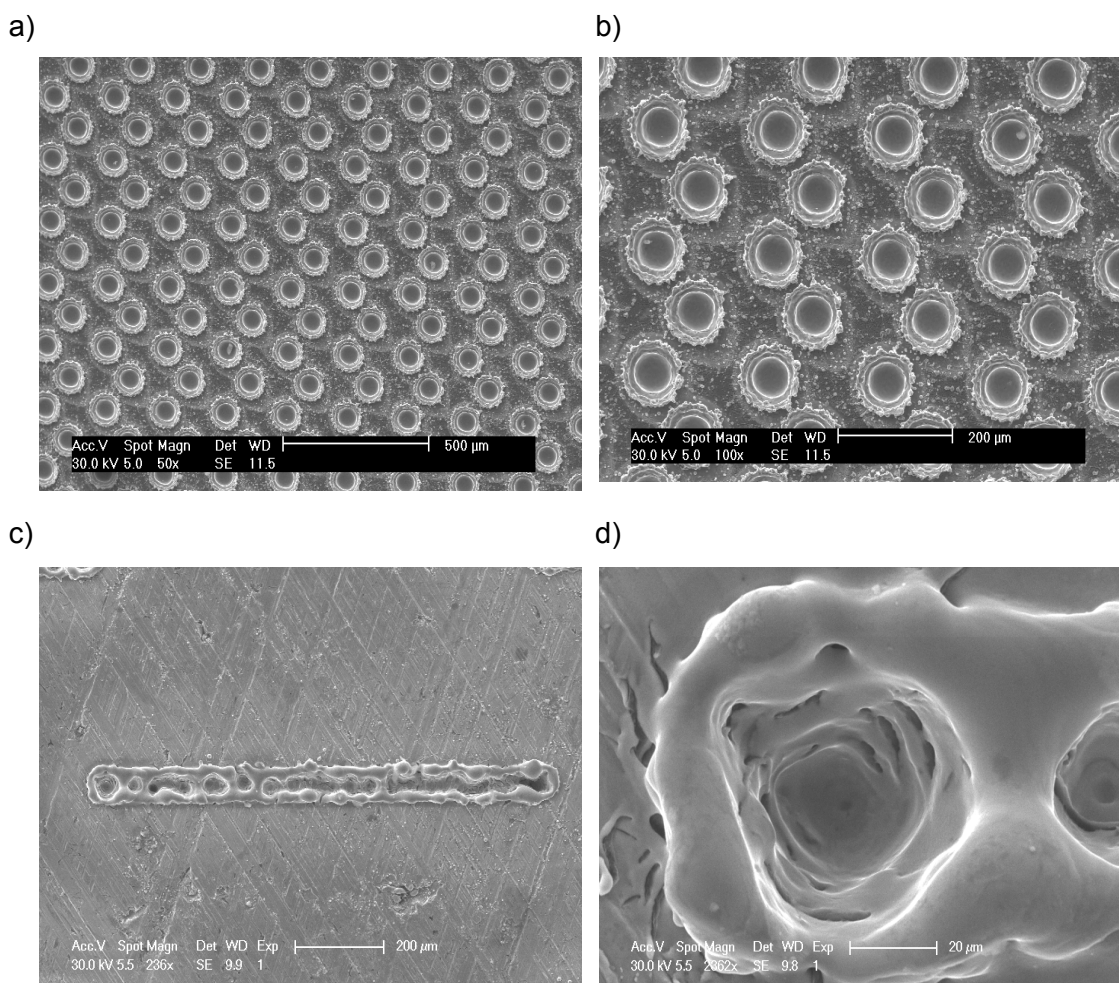
A – warstwa powierzchniowa przed modyfikacją laserową, B – warstwa powierzchniowa po modyfikacji laserowej

## 2.4. Tekstutowanie

Podobnie jak mikronadtapienie, tekstutowanie laserowe polega na oddziaływaniu promieniowania laserowego o odpowiednio dobranej, bardzo dużej gęstości mocy na warstwę powierzchniową charakterystycznych stref elementów maszyn, w celu wytworzenia zaprojektowanej mikro- i nanotekstury. Naj-

lepsze efekty technologiczne można uzyskać przy czystej ablacji laserowej zachodzącej przy bardzo dużej gęstości mocy promieniowania realizowanego w bardzo krótkim czasie jego oddziaływania ( pojedyncze piko- i femtosekundy). Przy dłuższych czasach ekspozycji promieniowania laserowego występuje już efekt termiczny, powodujący zjawisko częściowego odparowania oraz dominującego efektu ekstruzji (wyrzucania) ciekłego materiału. Najlepsze efekty można uzyskać przy impulsowej mikroobróbce laserowej (rys. 10). Stosując np. głowicę Galvo i odpowiednie oprogramowanie komputerowe, można osiągnąć wspaniałe efekty w skali mikro- a nawet nanostruktur, oraz teksturowaniu powierzchniowym, tj. mikrożłobieniu, mikrograwerowaniu.

Różnorodne tekstury mogą być stosowane z bardzo dużym powodzeniem w elementach maszyn, jako technologia pozwalająca precyzyjnie wytworzyć mikro- i nanozasobniki olejowe oraz struktury amorficzne o bardzo dużej powtarzalności.



**Rys. 10. Topografia gładzi żeliwnej tulei cylindrowej po modyfikacji impulsowym promieniowaniem laserowym ( $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ) – widoczne efekty teksturowania powierzchniowego w celu uzyskania zasobników olejowych: a, b) zasobniki olejowe w kształcie półczasz, c, d) zasobniki olejowe w kształcie mikrokanalów**

### 3. WNIOSKI

---

1. Oddziaływanie promieniowania laserowego na materię zależy od wielu czynników. Najogólniej: może nie powodować lub powodować przemiany fazowe w obrabianym materiale, może powodować jego przetopienie, odparowanie oraz umacnianie materiału.
2. Na ogół zastosowanie techniki laserowej umożliwia uzyskanie efektów niemożliwych lub trudnych do uzyskania innymi metodami.
3. Stosując nowoczesne lasery impulsowe, zwłaszcza dużej mocy, można uzyskać interesujące zastosowania technologiczne: oczyszczanie, teksturowanie, umacnianie i nadtapianie (przetapianie, stopowanie).
4. Rodzaj zastosowania technologicznego zależy od rodzaju lasera, głównie od długości fali emitowanego promieniowania, średniej gęstości mocy lub energii w impulsie doprowadzonej do wsadu, rozkładu gęstości mocy w plamce laserowej i czasu ekspozycji.
5. Przedstawione wybrane przykłady zastosowań mikroobróbki laserowej, rokują duże szanse technologiczne na praktyczne zastosowanie jej w procesach mikrooczyszczania, nadtapiania, teksturowania i umacniania warstwy wierzchniej różnych elementów maszyn stosowanych, np. w przemyśle samochodowych, lotnictwie.

### LITERATURA

1. Burakowski T., Wierzchoń T.: Inżynieria powierzchni metali. WNT, Warszawa, 1995.
2. Anisimov S.I., Luk'yanchuk B.S., *Selected problems of laser ablation theory*, Uspekhi Fizičeskich Institut Nauk, 172, No.3 (2002), s. 301-333.
3. Dubik A.: Zastosowanie laserów. WNT, Warszawa, 1991.
4. Grigorianc A.G., Safonow A.N.: Metody poverchnostnoj lazernoj obrabotki. Lazernaja tehnika i tehnologija, nr 3, Izd. „Vysšaja Škola”, Moskwa, 1987.
5. Schreck S., Zum Gahr K.-H.: Laser-assisted structuring of ceramic and steel surfaces for improving tribological properties. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institute for Materials Research I, P.O. Box 3640, 76021 Karlsruhe, Germany 13 March 2005.
6. Burakowski T., Napadłek W., Marczak J.: Ablacyjna mikroobróbka laserowa w areologii. Inżynieria Materiałowa, nr 5 (153), rok XXVII, wrzesień–październik, 2006, str. 882–889.
7. Burakowski T., Marczak J., Napadłek W.: *Istota ablacyjnego oczyszczania laserowego materiałów*, Prace Instytutu Elektrotechniki, LIII, Zeszyt 228'06 (2006), s. 125 – 135.

8. Napadłek W., Sarzyński A., Marczak J.: *Analiza procesów zachodzących podczas ablacji laserowej na stopach aluminium*, Przegląd Spawalnictwa nr 5–6 (2006), s. 64 – 67.
9. Burakowski T., Kubicki J., Marczak J., Napadłek W.: *Technologiczne możliwości zastosowania ablacyjnego oczyszczania laserowego materiałów*, Prace Instytutu Elektrotechniki, LIII, Zeszyt 228'06, (2006), s. 137 - 146.
10. Napadłek W.: Zwiększenie odporności tribologicznej warstwy wierzchniej żeliwnych tulei cylindrowych z wykorzystaniem ablacji laserowej. *Tribologia* ISSN 0208-7774 Nr 5/2009, s. 147-159.
11. Napadłek W.: Modele tribologiczne współpracy skojarzenia tłok - pierścienie tłokowe – tuleja cylindrowa silnika spalinowego. *Tribologia* ISSN 0208-7774 Nr 5/2009, s. 135-145.

*Rękopis dostarczono dnia 04.05.2010 r.*

**Opiniował: prof. dr hab. inż. Maciej Rafałowski**

## LASER MICRO-TREATMENT – INDUSTRY USING POSSIBILITIES

Wojciech NAPADŁEK,  
Tadeusz BURAKOWSKI

**ABSTRACT** *Authors division of materials and elements of machines top layer modified by laser, from the regard on: the kind (cleaning, texturing, strenghtening, melting), object of modification and main destination. Because of the article volumetric limitation, only ablational cleaning possibilities of combustion engine elements, car bodies and varnish coats were described. Examples of microtexturing and micromelting Fe-C alloys are also described. Very promising technological effects were obtained.*





**Dr inż. Wojciech NAPADŁEK** jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu publikacji naukowych z dziedziny budowy maszyn, a w szczególności pojazdów mechanicznych. Specjalizuje się w inżynierii produkcji oraz technologii napraw pojazdów mechanicznych. Szczególne zainteresowania naukowe to inżynieria powierzchni wykorzystująca nowoczesne technologie wiązkowe (laserowe i plazmowe), zarówno w skali makro-, mikro- oraz nanotechnologii. Jest współtwórcą kilku wdrożeń przemysłowych z tej dziedziny. Bierze udział w wielu projektach badawczych i celowych. Obecnie zajmuje się oddziaływaniem promieniowania laserowego z materiałem w zakresie spawania, napawania, czyszczenia laserowego oraz umacniania warstwy wierzchniej materiałów z wykorzystaniem fal uderzeniowych generowanych impulsem laserowym.