

Wojciech NAPADŁEK¹
Zdzisław BOGDANOWICZ²
Izabela KALMAN³

WYKORZYSTANIE ITERBOWEGO LASERA WŁÓKNOWEGO DO MODYFIKACJI SAMOCHODOWYCH POWŁOK LAKIEROWYCH

W artykule przedstawiono wpływ wiązki lasera iterbowego fibrowego 30W z głowicą Galvo na lakierowy system powłokowy wytworzony na nadwoziu samochodu osobowego. Zaprezentowano wpływ zmiany ogniskowej oraz różnych parametrów na efekty usuwania pojedynczych powłok. Podczas procesu oczyszczania, regulowanymi parametrami były: częstotliwość, gęstość mocy promieniowania, prędkość skanowania oraz ilość przejść wiązki skanującej. Po wykonaniu wstępnych badań stwierdzono, że laser prezentowany w artykule nie jest idealnym laserem do modyfikacji powłok lakierowych, jednak można uzyskać zadowalające wyniki usuwania polimerowej powłoki lakierowej z wypełniaczem metalicznym.

FIBER ITERBIUM LASER USAGE FOR LAQUER COATS MODIFICATION

The influence of 30W fiber iterbium laser beam with Galvo head on laquer coating system coming from automobile was introduced in this article. The influence of focus changing and various parameters for effects of single laquer coats removing were presented. During the cleaning, the regulated parameters were: frequency, power density, scanning speed, the amount of passes. After executing preliminary investigations it was affirmed that the laser presented in the article is not perfect for laquer coats modification but you can get satisfactory results of removing polimer laquer coat with metallic filler.

1. METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano laser iterbowy włóknowy z głowicą Galvo (rys. 1), znajdujący się w Laboratorium Inżynierii Powierzchni Wydziału Mechanicznego WAT. Charakteryzuje się on następującymi parametrami:

- długość fali promieniowania laserowego – 1064 nm,
- moc – 30 W,

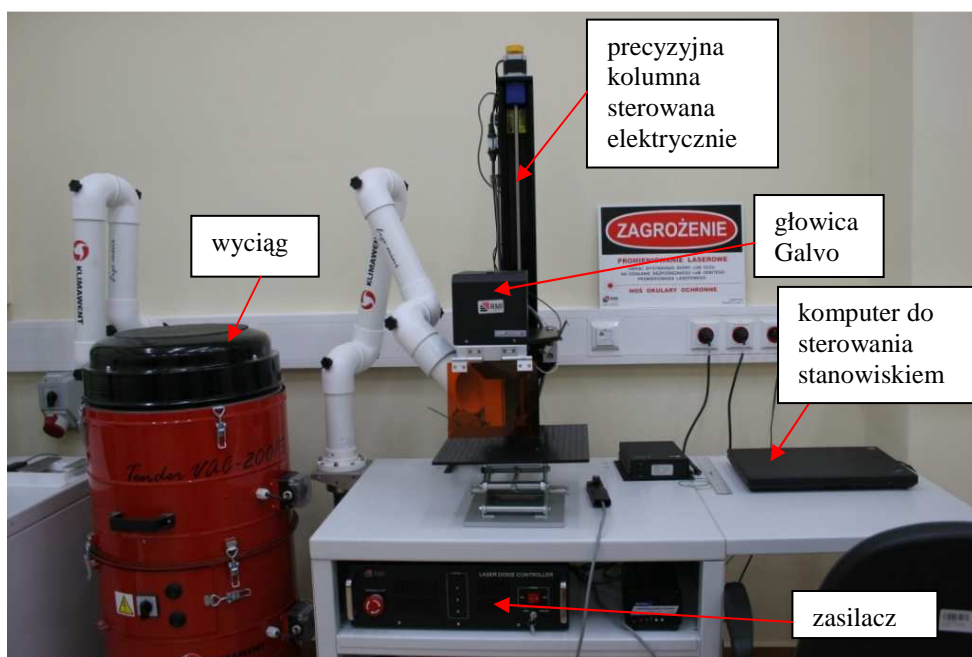
¹ dr inż. Wojciech NAPADŁEK, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, 00-908 Warszawa, ul. Gen. S. Kaliskiego 2. Tel. (22) 683-73-57, e-mail: wnapadlek@wat.edu.pl

² dr inż. Zdzisław BOGDANOWICZ, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, 00-908 Warszawa, ul. Gen. S. Kaliskiego 2. Tel. (22) 683-91-40, e-mail: zbogdanowicz@wat.edu.pl

³ mgr inż. Izabela KALMAN, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, 00-908 Warszawa, ul. Gen. S. Kaliskiego 2. Tel. (22) 683-73-57, e-mail: ikalman@wat.edu.pl

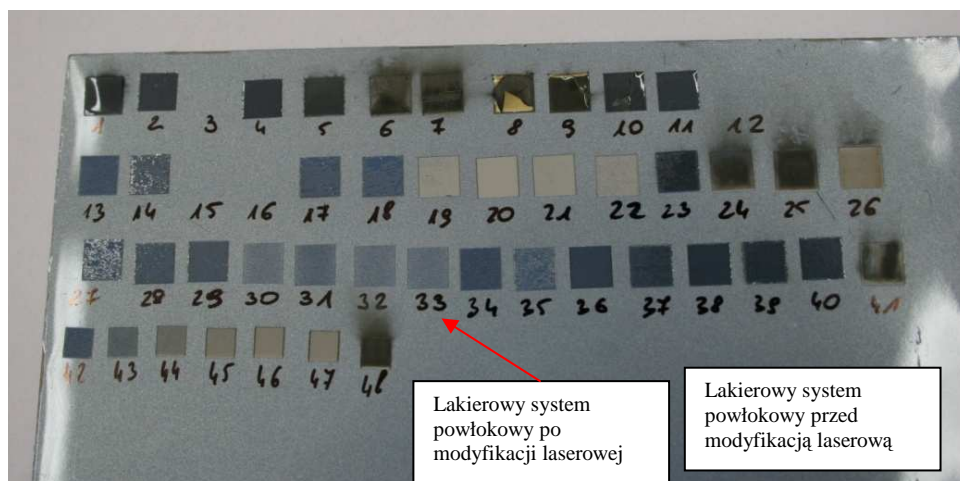
- częstotliwość regulowana w zakresie – 30 – 200 kHz,
- prędkość skanowania regulowana w zakresie – 20 – 200 mm/s

Laser ten znajduje zastosowanie przede wszystkim w mikroobróbce materiałów, tj.: grawerowanie, teksturowanie elementów metalowych i niemetalowych [1-3].



Rys. 1. Stanowisko do mikroobróbki laserowej składające się z: lasera iterbowego włóknowego, głowicy Galvo, precyzyjnej kolumny sterowanej elektrycznie, wyciągu, komputera z oprogramowaniem specjalistycznym służącym do sterowania pracą lasera

Za pomocą ww. lasera wykonano próby ablacyjnego oczyszczania i usuwania warstwy wierzchniej lakierowego systemu powłokowego wytworzonego na wycinku blachy pochodzącej z nadwozia samochodu osobowego (rys. 2).

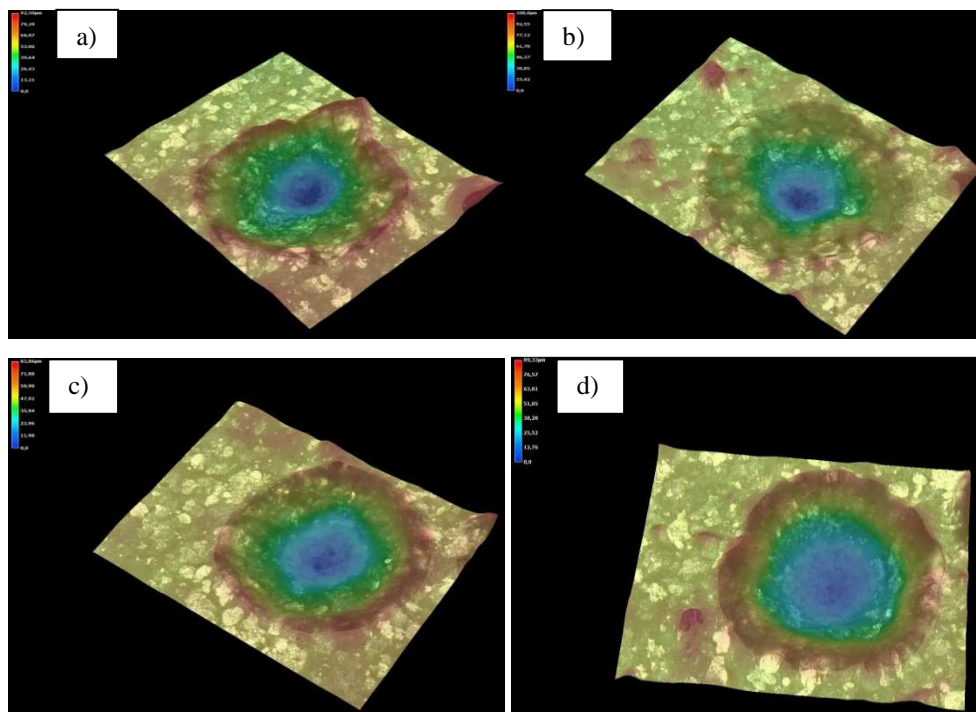


Rys. 2. Próbką pobrana z nadwozia pojazdu samochodowego z naniesionym lakierowym systemem powłokowym po modyfikacji laserowej – próby ablacyjnego usuwania pojedynczych warstw powłoki impulsowym promieniowaniem emitowanym przez laser iterbowy włóknowy o mocy 30W: 3-7 – gęstość mocy 0,1-1,07 MW/cm², częstotliwość 100 kHz, 19-22 – gęstość mocy 0,36MW/cm², częstotliwość 30 kHz, wariantowo kilka przejść wiązki laserowej (2-4), 28-39 – gęstość mocy 0,22 MW/cm², częstotliwość 30 kHz

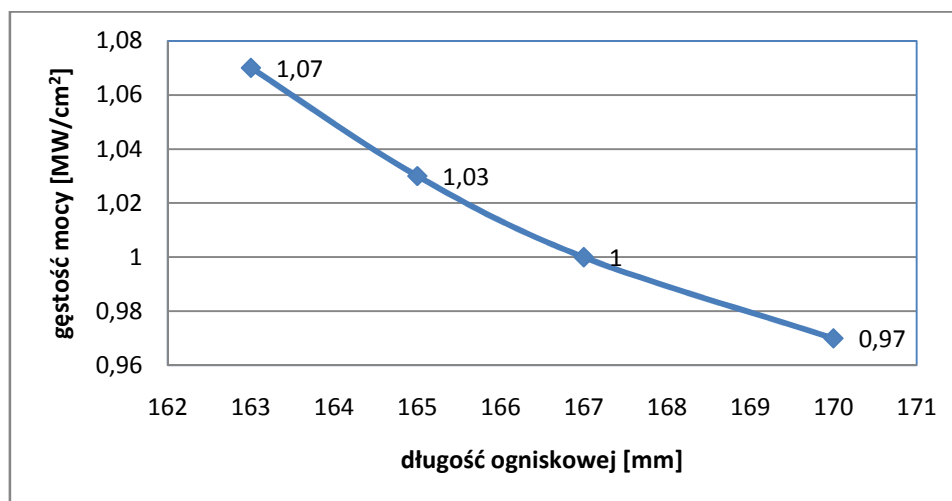
W celu określenia wpływu różnej ogniskowej soczewki układu Galvo przeprowadzono wstępne badania na próbce z powłokowym systemem lakierowym. Zmieniając odległość ogniskowej układu optycznego w zakresie 154 – 176 mm na powierzchni próbki obserwowano efekty oddziaływania wiązki promieniowania laserowego na lakierową powłokę polimerową.

2. WYNIKI BADAŃ

Wpływ oddziaływania gęstości mocy promieniowania laserowego (poprzez zmianę ogniskowej) na wielkość strefy oddziaływania w obszarze powłoki lakierowej przedstawiono na rys. 3. Jak można zauważyć na przedstawionych zdjęciach wiązka promieniowania laserowego posiada rozkład Gaussa. Widać także istotne zmiany w głębokości usuniętej powłoki lakierowej. Jest to spowodowane zmianą gęstości mocy, która jest coraz mniejsza w miarę zwiększania ogniskowej układu (rys. 4). Przy ogniskowej 163 mm głębokość usuniętej powłoki wyniosła ok. 63 μm, przy 165 mm głębokość oddziaływania to ok. 57 μm, a przy ogniskowej 170 mm tylko 38 μm.



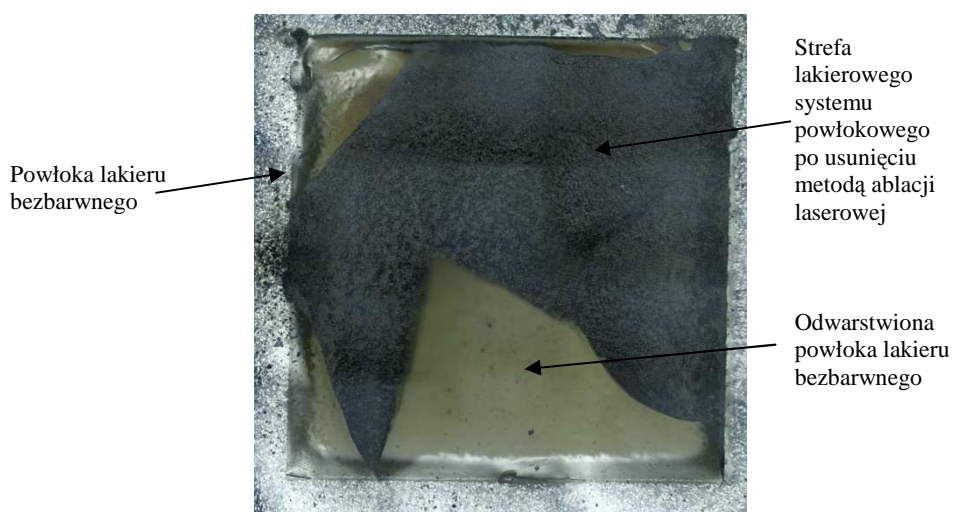
Rys. 3. Wpływ zmiany ogniskowej na rozkład gęstości mocy promieniowania laserowego oraz efekty ablacyjnego usuwania lakierowego systemu powłokowego: a – ogniskowa 163 mm, b – ogniskowa 165 mm, c – ogniskowa 167 mm, d – ogniskowa 170 mm



Rys. 4. Zależność gęstości mocy od długości ogniskowej

W celu wykonania oczyszczania i usuwania lakierowego systemu powłokowego zmieniano następujące parametry pracy lasera: gęstość mocy, prędkość skanowania, częstotliwość oraz ilość skanowań wiązki laserowej. Uzyskano zróżnicowane wyniki, które zostały przedstawione na rys. 5 – 10.

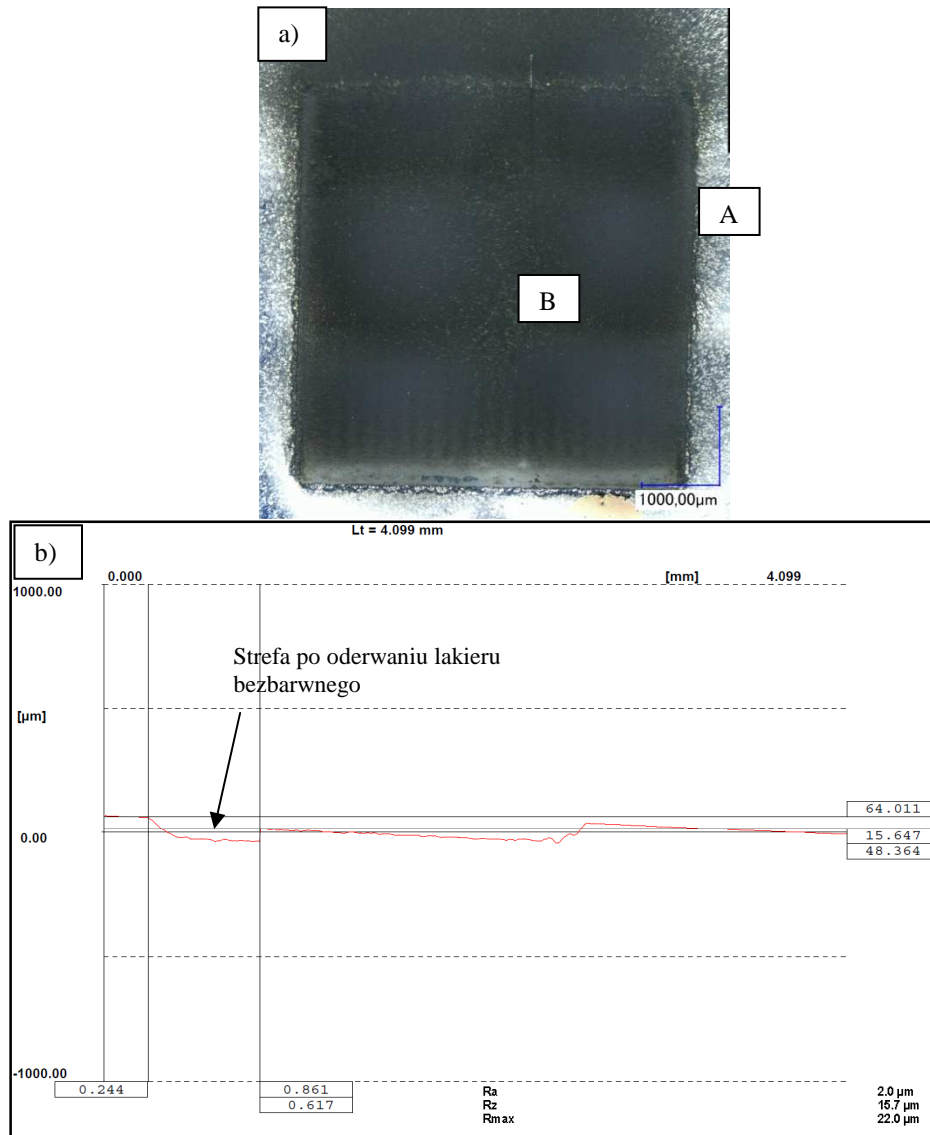
Na rys. 5 przedstawiono bardzo niepożądany wynik oddziaływania promieniowania laserowego na lakierowy system powłokowy. Widać nadpalenie i spękanie powłoki, co jest rezultatem nieprawidłowego doboru parametrów. Wpływ na taki wynik ma przede wszystkim nieodpowiedni dobór częstotliwości repetycji (zbyt duża), która w tym wariancie wynosiła 150 kHz przy dużej gęstości mocy, tj. $1,07 \text{ MW/cm}^2$.



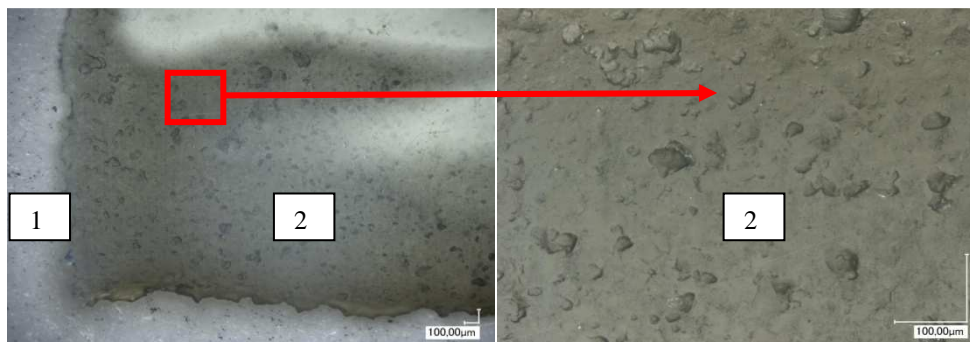
Rys. 5. Topografia powierzchni próbki z lakierowym systemem powłokowym pobranej z nadwozia samonośnego pojazdu samochodowego po oddziaływaniu wiązki laserowej o następujących parametrach: gęstość mocy $1,07 \text{ MW/cm}^2$, częstotliwość repetycji 150 kHz, prędkość skanowania 150mm/s, jedno skanowanie wiązką laserową – wariant 8 mikroobróbki laserowej z rys. 2 – nadpalenie powłoki lakierowej

Na rys. 6 przedstawiono wariant nr 48 mikroobróbki laserowej z rys. 2, efektem której było oderwanie lakieru bezbarwnego. Lakier pod wpływem promieniowania laserowego odwarstwił się od lakieru bazowego i odpadł kilkanaście centymetrów od miejsca obróbki. Taki wynik wydaje się być bardzo interesującym, ze względu na możliwość precyzyjnej regeneracji powłoki lakierowej na elementach pojazdów samochodowych. Niestety, podczas obróbki powłoka (lakier bazowy) zostaje przypalona i diametralnie zmienia swój kolor. Jednak w procesie regeneracji efekt ten nie jest do końca negatywnym, ze względu na konieczność nakładania kolejnej warstwy lakieru bazowego. Najważniejszym parametrem, który powinno się brać pod uwagę po obróbce laserowej jest chropowatość powierzchni, dzięki której uzyska się odpowiednią przyczepność kolejnej warstwy lakierowego systemu powłokowego. W tym wypadku parametr ten został spełniony, gdyż R_a wynosi $2,0 \mu\text{m}$ (rys. 6b). Jest to wartość odpowiednia, aby uzyskać wymaganą adhezję. Podczas modyfikacji zastosowano następujące parametry: gęstość mocy $0,86 \text{ MW/cm}^2$,

częstotliwość repetycji 100 kHz, prędkość skanowania 200mm/s, jedno skanowanie wiązką laserową. Fragment odwarstwionego lakieru bezbarwnego przedstawiono na rys. 7.

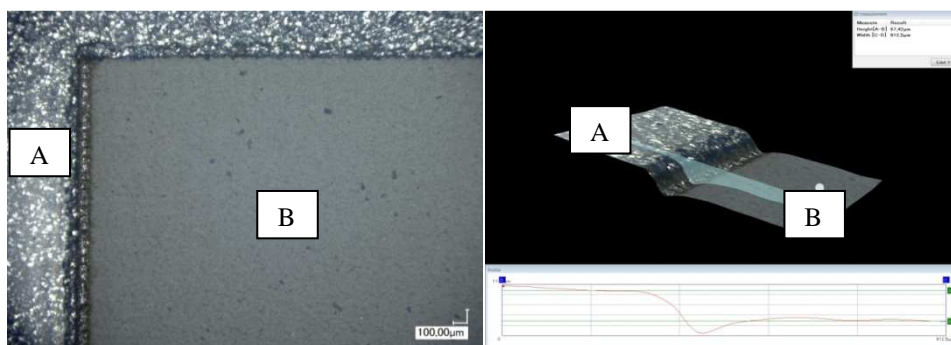


Rys. 6. Topografia (a) oraz profilogram powierzchni próbki (b) pobranej z nadwozia samonośnego pojazdu samochodowego z naniesioną powłoką lakierową po oddziaływaniu wiązki laserowej i usunięciu ok. 48 μm powłoki – wariant 48 mikroobróbki laserowej z rys. 2; A – lakier bezbarwny, B – lakier bazowy z wypełniaczem metalicznym

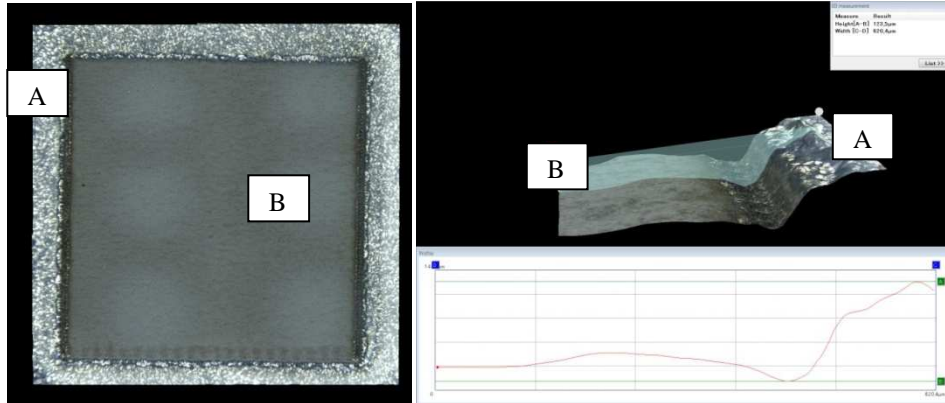


Rys. 7. Topografia powierzchni lakieru bezbarwnego odwarstwionego od lakierowego systemu powłokowego – wariant 48 mikroobróbki laserowej z rys. 2; 1 – tło (biały papier), 2 – odwarstwiony fragment powłoki lakieru bezbarwnego

Z wielu analizowanych wariantów ablacyjnej mikroobróbki laserowej na lakierowym systemie powłokowym wariant 20 z rys. 2 spełnia oczekiwania, gdyż uzyskano korzystne wyniki usunięcia lakieru bezbarwnego oraz bazowego. Powłoka po modyfikacji nie jest nadpalona ani nadtopiona. Posiada także odpowiednią chropowatość: $R_a = 2,6 \mu\text{m}$. Wyniki takie osiągnięto zmieniając częstotliwość repetycji na minimalną dla tego typu lasera, czyli na 30 kHz, a także zmniejszając gęstość mocy. W wyniku takiej obróbki, podczas regeneracji lakierowego systemu powłokowego nadwozia, nie jest konieczne wykonywanie dodatkowych operacji technologicznych przed lakierowaniem, takich jak matowienie czy odtłuszczenie powłoki. Bezpośrednio po procesie modyfikacji laserowej usuwania można nakładać kolejną warstwę lakieru.

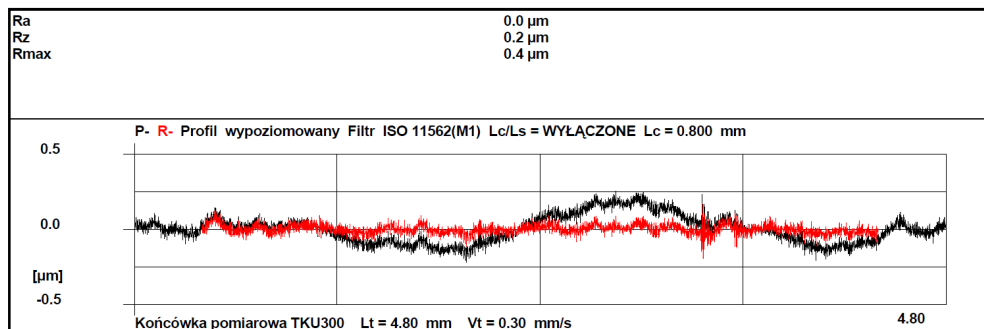


Rys. 8. Topografia powierzchni próbki z lakierowym systemem powłokowym pobranej z nadwozia samonośnego pojazdu samochodowego po oddziaływaniu wiązki laserowej o następujących parametrach: gęstość mocy $0,36 \text{ MW/cm}^2$, częstotliwość repetycji 30 kHz, prędkość skanowania 150mm/s, trzy przejścia wiązki laserowej – wariant 20 mikroobróbki laserowej z rys. 2, grubość usuniętej warstwy – $67 \mu\text{m}$; A – powłoka lakierowa wytworzona w warunkach produkcyjnych; B – powłoka lakierowa po modyfikacji laserowej – usunięty lakier bezbarwny

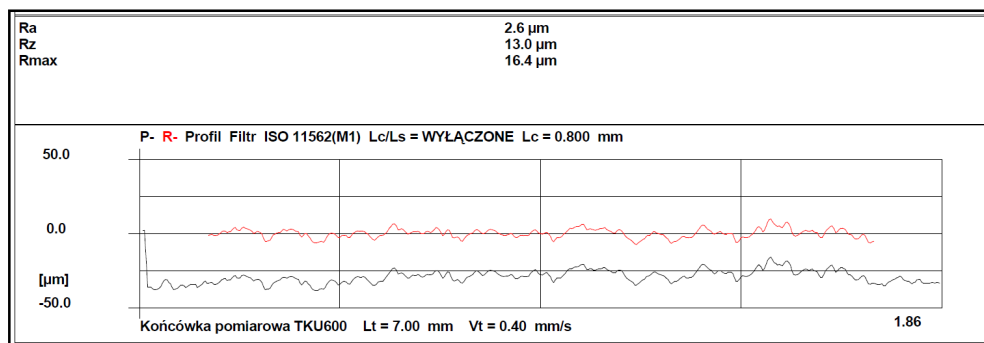


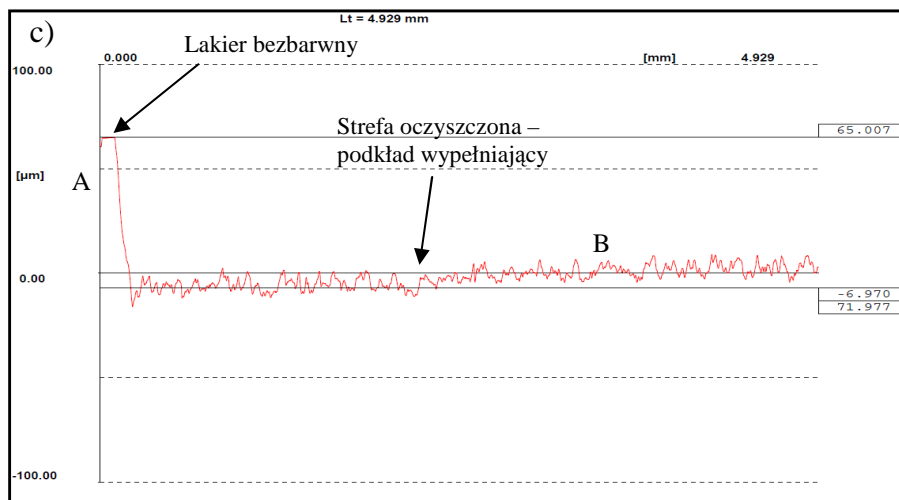
Rys. 9. Topografia powierzchni próbki z lakierowym systemem powłokowym pobranej z nadwozia samonośnego pojazdu samochodowego po oddziaływaniu wiązki laserowej o następujących parametrach: gęstość mocy $0,86 \text{ MW/cm}^2$, częstotliwość 40 kHz , prędkość skanowania 200 mm/s , jedno przejście wiązki laserowej – wariant 47 mikroobróbki laserowej z rys. 2, usunięta warstwa – $72 \text{ }\mu\text{m}$

a)



b)





Rys. 10. Profilogram powierzchni próbki pobranej z nadwozia samonośnego pojazdu samochodowego z naniesioną powłoką lakierową po oddziaływaniu wiązki laserowej – wariant 47 mikroobróbki laserowej z rys. 2; a) profil powierzchni lakieru bezbarwnego $Ra=0,0 \mu\text{m}$ (strefa A z rys. 9), b) profil powierzchni po modyfikacji laserowej $Ra=2,6 \mu\text{m}$ (strefa B z rys. 9), c) profil powierzchni lakierowego systemu powłokowego w obszarze granicy stref A i B z rys. 9 – usunięta warstwa – $72 \mu\text{m}$

3. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

- 1) Zaprezentowany laser iterbowy włóknowy ze względu na swój długi czas ekspozycji promieniowania $t=150 \text{ ns}$ nie jest najlepszym urządzeniem do modyfikacji powłok lakierowych.
- 2) Najlepsze wyniki w zakresie oczyszczania lakierowego systemu powłokowego uzyskano stosując niewielką gęstość mocy tzn. $q = 0,36 \text{ MW/cm}^2$ przy minimalnej częstotliwości repetycji, czyli 30 kHz .
- 3) Zmiana ogniskowej związana jest bezpośrednio z gęstością mocy i ma znaczący wpływ na efekty oddziaływania promieniowania laserowego na powłokę lakierową. Im większa odległość głowicy od ustalonego dla danej soczewki ogniska, tym mniejsza gęstość mocy oraz głębokość wnikania promieniowania w powłokę laserowego i delikatniejsze oddziaływanie wiązki.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Ziętek B.: *Lasery*, Toruń, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika 2009
- [2] Napadłek W., Kalman I.: *Analiza możliwości zastosowania technologii laserowych w oczyszczaniu samochodowych powłok lakierowych*, Poznań, 2010
- [3] www.imio.pw.edu.pl/...fl/Wyklad_LaseryPolprzewodnikowe.pdf