



Wykorzystanie wiązki lasera w wysokowydajnych procesach znakowania

D. Gałęzieski ^a, M. Bonek ^b

^a Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Studenckie Koło Naukowe Laserowej Obróbki Powierzchniowej
email: galenzeski@wp.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów
Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
email: miroslaw.bonek@polsl.pl

Streszczenie: Praca przedstawia wykorzystanie promienia laserowego do znakowania i grawerowania w różnych materiałach, a także wykorzystanie systemów laserowych w różnych gałęziach przemysłu. Część teoretyczna pracy zawiera ogólny przegląd metod znakowania laserowego, znakowanie obiektów w jednej płaszczyźnie, znakowanie 3D oraz przykłady grawerowania w różnych materiałach wraz z opisem. W pracy własnej przedstawiono przygotowanie wzoru do wygrawerowania, a także sprawdzono w jaki sposób promień laserowy graweruje próbki z różnych materiałów oraz w oparciu o parametry znakowarek laserowych i konwencjonalnych, przeprowadzono szacunkową analizę, z której wynika, że systemy laserowe w większości przypadków są bardziej opłacalne, oraz charakteryzują się dużą uniwersalnością, szybkością oraz precyzją.

Abstract: The thesis presents the application of a laser beam for marking and engraving in different materials as well as the use of laser systems in different industry branches. The theoretical part of the thesis contains an overview of the methods of laser marking, marking of objects in one plane, 3D marking and examples of engraving in different materials followed by descriptions. Own elaboration presents the preparation of a sample for engraving as well checking the way in which the laser beam engraves the samples of different materials. Based on the parameters of laser and conventional markers an evaluation analysis was performed, from which one can conclude that, in most cases, laser systems are more economical and are characterized by high versatility, speed and precision.

Słowa kluczowe: wiązka laserowa, laserowe znakowanie, laserowe grawerowanie

1. WSTĘP

Prężnie rozwijająca się nauka i technika pociąga za sobą potrzebę optymalizacji oraz ulepszania technologii wytwarzania materiałów, a także ich obróbki. Produkcja pojedynczych

elementów maszyn, części samochodowych wymaga ciągłego znakowania każdej z nich, aby zabezpieczyć się przed podrabianiem tych elementów oraz (w przypadku np. samochodów) zabezpieczyć przed kradzieżą. W dzisiejszych czasach, trudno również wyobrazić sobie towar na półkach sklepowych bez kodu kreskowego a także terminu przydatności do spożycia. Znakowanie to także forma rozpoznawcza firmy lub korporacji. Logo, na które człowiek spogląda, pozwala każdemu z nas skojarzyć daną markę, dlatego też, nie brakuje znakowania elementów na gadżetach reklamowych, które są jedną z wizytówek firm.

Znakowanie może odbywać się wieloma różnymi sposobami, ale w momencie gdy mamy do czynienia z bardzo dużą ilością elementów, musimy stosować metody, które są nie tylko szybkie ale także bardzo trwałe. Metod jest wiele, ale nie każdą metodę można zastosować podczas produkcji każdego elementu, np. podczas wytwarzania niewielkich i delikatnych elementów, nie możemy pozwolić na metodę „dotykową”, ponieważ może grozić to jego uszkodzeniem. Jednym z nowoczesnych rozwiązań jest zastosowanie promienia laserowego w znakowaniu. Współczesny rozwój technologii laserowych pozwolił na wykorzystanie lasera, w wielu gałęziach przemysłu, co sprawiło, że chętnie jest wykorzystywany również do znakowania oraz grawerowania.

METODY ZNAKOWANIA LASEROWEGO

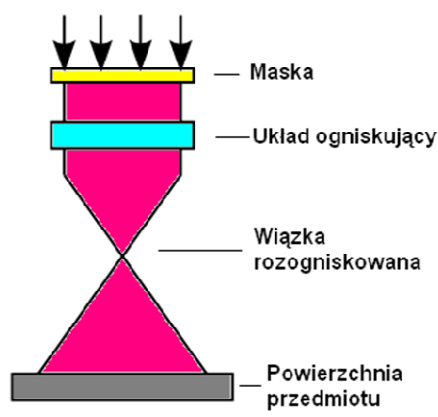
Laserowe systemy znakujące, wypierają inne, stosowane dotychczas metody nanoszenia znaków, różnego rodzaju grafik i kodów. Doskonale znane konwencjonalne rozwiązania, wykorzystujące atrament jako medium, nie spełniają już wymagań stawianych obecnie systemom znakującym oraz kodującym. Atrament, który brudzi zastąpiono skupioną wiązką laserową, co spowodowało rewolucję w procesach nanoszenia obrazów i informacji na powierzchnie produktów i opakowań [1].

Znakowanie laserowe to proces termiczny, gdzie stosowana jest skupiona wiązka światła laserowego, posiadająca duży stopień koncentracji (intensywności) w celu dokonania widocznej zmiany na powierzchni danego materiału. Wiązka ta wywołuje wysoką zmianę temperatury na powierzchni znakowanego materiału, aż do wystąpienia w nim zmian kolorystycznych oraz do usunięcia materiału przez odparowanie [1].

Do podstawowych metod znakowania laserowego należą między innymi [1]:

- Znakowanie laserem przez maskę,
- Znakowanie metodą matrycy kropkowej,
- Znakowanie wektorowe.

W pierwszej metodzie czyli znakowanie przez maskę, wiązka laserowa zostaje „przepuszczona” przez szablon lub matrycę, która zawiera informację w postaci wzoru bądź znaku graficznego, która następnie będzie utrwalana na powierzchni elementu znakowanego. Maska ta jest umieszczona na drodze wiązki laserowej, między dwoma lusterkami. Po odbiciu lusterka wiązka „przechodzi” przez maskę, a następnie poprzez drugie lusterko i kierowana jest na obiekt. Impuls lasera zogniskowany przez obiekt, tworzy na danej powierzchni żądany znak. Cały wzór graficzny powstaje w trakcie pojedynczego impulsu lasera.



Rysunek 1. Schemat układu do znakowania laserem przez maskę

W metodzie matrycy kropkowej stosowana jest głowica, która posiada 7 samodzielnych laserów, z których każdy jest odpowiedzialny za wydrukowanie z góry określonego rzędu punktów. Znakowany obszar jest więc w rezultacie poskładany z 7 punktów ustawionych w jednej osi, a dodając przy tym ruch w drugiej osi, otrzymujemy „kropkowo” wymagany wzór.

Podczas znakowania wektorowego, w przeciwieństwie do poprzedniej metody zastosowano dwa galvoskanery, z których każdy odpowiada za ruch w odpowiedniej osi (X oraz Y). W metodzie tej wymagany obraz, powstaje za pomocą techniki wektorowej, czyli laser wykonuje znakowanie „prowadząc” wiązkę przez kolejne punkty zwrotne, które tworzą obraz.

Otrzymywanie różnych efektów znakowania, w dużej mierze uzależnione jest od maksymalnej temperatury jaką osiąga powierzchnia materiału podczas obróbki. Najczęściej stosowane efekty znakowania laserowego to [2]:

- lokalna zmiana koloru powierzchni,
- przetapianie powierzchni,
- grawerowanie laserowe,
- wielokrotna lokalna zmiana koloru powierzchni przez grawerowanie.

WPLYW PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH NA PROCES ZNAKOWANIA LASEROWEGO

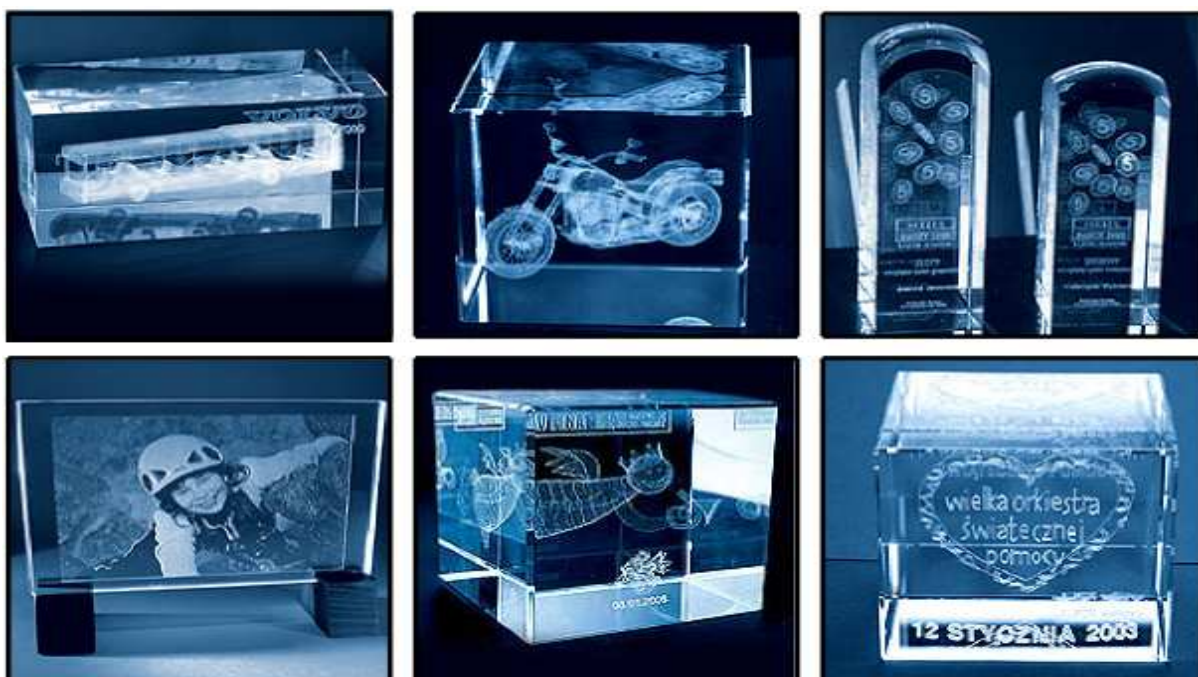
Istnieje wiele czynników, które powodują, że znakowanie laserowe przeprowadzone na powierzchniach materiałów nie daje w rezultacie dobrych, kontrastowych obrazów, które odznaczałyby się dobrą czytelnością. Podczas oddziaływania promieniowania laserowego na powierzchnię materiału, część tego promieniowania jest pochłonięta przez materiał i na skutek cieplnej przewodności odprowadzona jest w jego głąb, natomiast część zostaje odbita. W wyniku absorpcji promieniowania zmienia się temperatura znakowanej powierzchni. Dlatego też bardzo ważna jest grupa własności cieplnych samego materiału, który znakowany będzie za pomocą lasera. Należałoby tutaj wymienić przede wszystkim temperaturę topnienia i wrzenia, ciepło parowania i topnienia, oraz przewodność cieplną. Prócz wyżej wymienionych czynników dotyczących samych materiałów na przebieg obróbki mają wpływ przede wszystkim parametry wewnętrzne znakowania, które ustawia się w programie

sterującym całym procesem. Największy wpływ na jakość na jakość wykonywanych oznaczeń mają [1]:

- moc,
- prędkość znakowania,
- opóźnienie stałe,
- częstotliwość.

WYKORZYSTANIE PROMIENIA LASEROWEGO DO TWORZENIA TRÓJWYMIAROWYCH OBIEKTÓW W SZKLE.

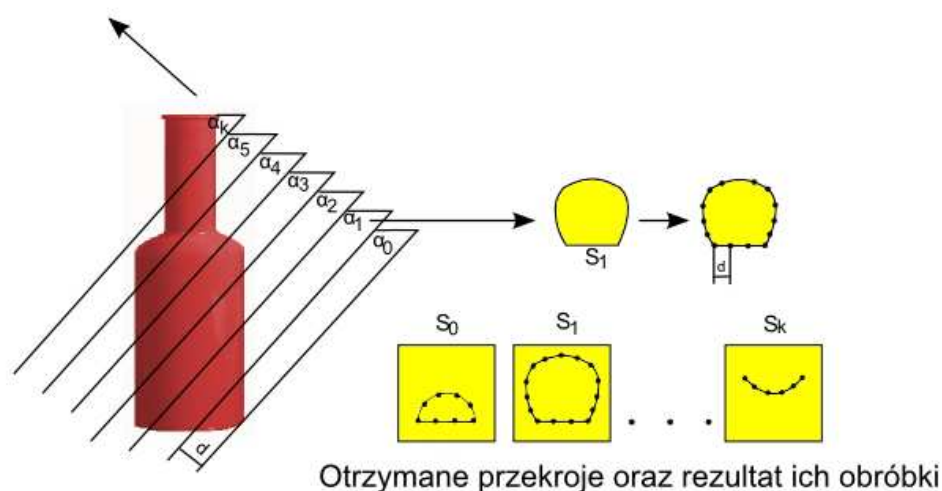
Spośród wielu możliwości zastosowania lasera, jako narzędzia do obróbki materiału na szczególną uwagę zasługują metody formowania trójwymiarowych obiektów w szkle. Systemy laserowe do grawerowania 3D pozwalają na wykonanie różnorodnych obrazów w kryształach, które mogą być świetną wizytówką firmy, ozdobą bądź pamiątką, a także elementem reklamowym. Na rysunku 2 przedstawione zostały przykładowe kryształy, jakie można uzyskać za pomocą tej metody [3-5].



Rysunek 2. Przykładowe prace wykonane za pomocą trójwymiarowych systemów laserowych [4,5]

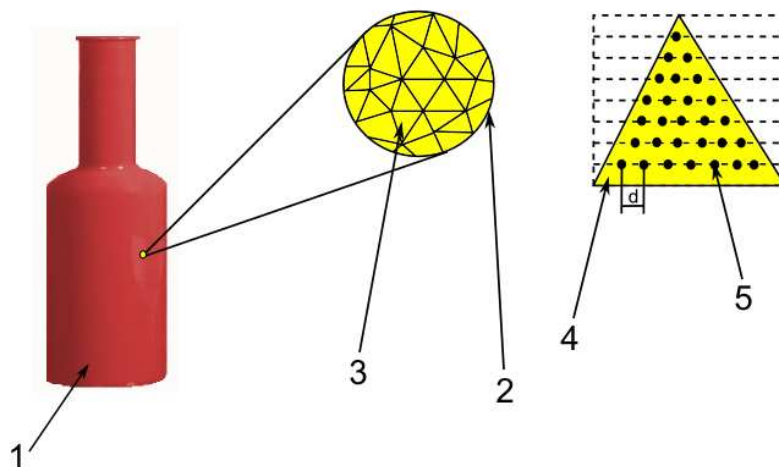
W procesie dyskretyzacji obiektów, które zostały wytworzone wykorzystuje się metody, które zamieniają w pamięci komputera obsługującego rastrowy obraz (nieprzeźroczyste powierzchnie, określenie granic i zajmowanych obszarów itp.) na obraz stworzony z bardzo dużej ilości małych (pęknięć) punktów wykonywanych za pomocą lasera. Podstawowe metody dyskretyzacji to m.in. [3, 6-10]:

- metoda dyskretyzacji dzielenia obiektu na sekcje (rys. 3),



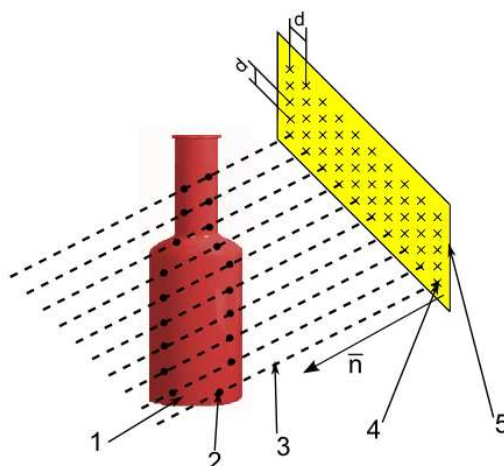
Rysunek 3. Graficzne przedstawienie metody dyskretyzacji dzielenie obiektu na sekcje [3]

- metoda dyskretyzacji opartą na algorytmie wypełniania trójkątów przez punkty (rys. 4),



Rysunek 4. Graficzne przedstawienie metody dyskretyzacji opartej na algorytmie wypełniania trójkątów punktami: 1 – obiekt wyjściowy programu 3D StudioMAX, 2 – powiększona struktura obiektu (uporządkowany zbiór trójkątów), 3 – wybrany trójkąt w kolejnej iteracji, 4 – powiększony widok trójkąta wybranego do operacji wypełnienia, 5 – jeden z wielu punktów przedstawiających zbiór danych wyjściowych; d – minimalna odległość między punktami (jedyne parametry wykorzystywane w algorytmie)[3].

- metoda dyskretyzacji równoległymi wiązkami (rys. 5),

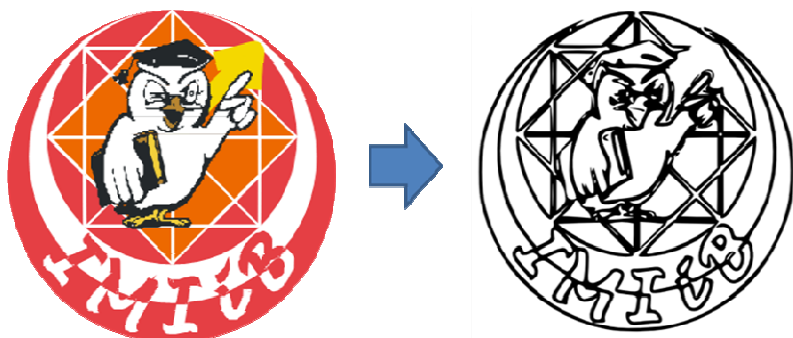


Rysunek 5. Graficzne przedstawienie metody dyskretyzacji równoległymi wiązkami: 1 – obiekt wyjściowy programu 3D StudioMAX, 2 – jeden z wielu punktów przedstawiających zbiór danych wyjściowych, 3 – wiązka rzutująca, 4 – komórka matrycy rzutującej, 5 – płaszczyzna bazowa; d – minimalna odległość pomiędzy punktami (parametr wykorzystywany w algorytmie); n – wektor płaszczyzny rzutującej [3].

2. BADANIA WŁASNE

Celem badań własnych było zapoznanie się z etapami praktycznego wykonania próbek 2D za pomocą lasera w różnych materiałach, sprawdzenie laserowego grawerowania powierzchni, a także, w oparciu o parametry poszczególnych znakówek laserowych przeprowadzić analizę i porównanie, czy stosowanie tych znakówek jest bardziej opłacalne niż zastosowanie sposobów konwencjonalnych w wybranych gałęziach przemysłu.

W celu wygrawerowania w materiale odpowiedniego wzoru, należy najpierw odpowiednio go przygotować. Wzorem, który posłużył do grawerowania próbek, było logo Instytutu Materiałów Inżynierski i Biomedycznych. Następnie dany wzór, który ma być naniesiony, należy graficznie obrobić, w dowolnym programie, do tworzenia krzywych. W tym celu wykorzystano program Corel Draw 12.



Rysunek 6. Logo Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych przed obróbką oraz po obróbce w programie graficznym.

Podczas grawerowania użyto dwóch typów laserów: CO₂ oraz Nd:YAG w zależności od materiału poddanego obróbce. Przy materiałach bardziej miękkich zastosowano systemy laserowe, które posiadały laser CO₂ o mocy 50W, natomiast prędkość posuwu, z jaką zostały wykonane próbki wynosi 100 mm/s. Aby porównać w jaki sposób różne materiały są grawerowane zastosowano tą samą moc lasera dla każdego materiału obrabianego w ten sposób. Twardsze materiały, które były obrabiane, zostały obrobione za pomocą lasera Nd:YAG, o mocy 30W oraz prędkości posuwu równej 100mm/s.

Po przesłaniu do pamięci znakowarki określonego wzoru, przystąpiono do grawerowania próbek. Próbki, które zostały poddane grawerowaniu (rys. 7) przez laser CO₂ wykonane były z następujących materiałów: drewna, laminatu grawerskiego, szkła, polimetakrylanu metylu, oraz nieprzeźroczystego tworzywa sztucznego z PVC, natomiast próbki które poddane były działaniu lasera Nd:YAG to: blacha aluminiowa 1050A-A1 oraz blacha miedziana M1E. Wszystkie próbki, zostały tak dobrane, aby można było umieścić na nich logo o wymiarach 40 x 40. Przed rozpoczęciem znakowania należało poddać głowicę lasera pozycjonowaniu, aby wygrawerowany wzór znalazł się w określonym miejscu.



Rysunek 7. Próbki po znakowaniu laserowym.

Obecnie znakowarki wykorzystywane są w wielu gałęziach przemysłu. Jeśli chodzi o zastosowania na linii produkcyjnej to jednym z przykładów jest znakowanie kodów kreskowych na produktach, oraz terminu przydatności do spożycia wybranego produktu. Niemal każdy przedsiębiorca, który posiada linię produkcyjną i dostaje zlecenie na wyprodukowanie np. 1 000 000 sztuk danego detalu, dąży do tego, by wykonać jak najwięcej produktów w jak najszybszym czasie. Korzystając z dostępnych parametrów urządzeń można szacunkowo sprawdzić, które z urządzeń jest bardziej opłacalne. Dla porównania wykorzystane zostały: Znakowarka przemysłowa (atramentowa) REA-JET SC oraz znakowarka laserowa LYNX-YAG-50.

Tablica 1.

Szacunkowy czas znakowania oraz koszty przy znakowaniu 1 mln sztuk o powierzchni 20x50mm

	REA-JET SC	LYNX-YAG-50
szacunkowy czas wykonania	~13,5h	~27 h
zużycie energii	1,5 kWh	135 kWh
koszt energii (0,40zł za kWh)	0,60 zł	54 zł
przestój	brak	brak
koszt użytkowania urządzenia	0,01 zł / szt	6zł / h

Tablica 2.

Szacunkowy czas znakowania oraz koszty przy znakowaniu tekstu 1 mln sztuk o szerokości 2mm

	REA-JET SC	LYNX-YAG-50
szacunkowy czas wykonania	~13,5h	~9 h
zużycie energii	1,5 kWh	3,6 kWh
koszt energii (0,40zł za kWh)	0,60 zł	1,4 zł
przestój	brak	brak
koszt użytkowania urządzenia	0,01 zł / szt	6zł / h

Jednym z kluczowych zastosowań znakowarki laserowej podczas procesów produkcyjnych, jest zastosowanie jej w trwałym znakowaniu elementów maszyn i urządzeń. W tym przypadku znakowarka laserowa zdecydowanie przewyższa prędkością znakowania, znakowarki mikroudarowe. Oczywiście można także trwale znakować poprzez zastosowanie różnych matryc itp., ale gdy mamy do czynienia z delikatniejszymi detalami (np. łożyska, niektóre części samochodowe) gdzie w dużej mierze wymagane są jak najmniejsze naciski, to najlepsze zastosowanie jest bezdotykowego urządzenia znakującego, do których należą znakowarki laserowe. Dla przykładu możemy porównać wyżej wymienioną znakowarkę laserową ze znakowarką mikroudarową P-3000 firmy Propen. Znakowarkę można zainstalować w linii produkcyjnej.

Główny parametr to prędkość znakowania, która w tym wypadku wynosi 6 znaków/s. Tak więc po krótkiej kalkulacji, jeśli dane by było naznaczyć 1 000 000 różnych części symbolem składającym się z 6 znaków to znakowarka laserowa wygrywa bez najmniejszego problemu. Znakowarka mikroudarowa, potrzebowałaby około 277 godzin na znaczenie wszystkich

detali. Biorąc pod uwagę zużycie igły znakującej, która mimo iż jest wykonana z węglików spiekanych, to jednak zużyła by się po określonym czasie, dlatego dodatkowo jeszcze musielibyśmy doliczyć czas wymiany, a także dodatkowe koszty narzędzia. Natomiast znakowarka laserowa, z tym zadaniem poradziłaby sobie w około 8h. Oczywiście wszystkie obliczenia, oparte są o parametry podane przez producenta danych znakowarek, ale nawet gdyby były nieco większe lub też mniejsze, możemy zauważyć kolosalną różnicę w czasie.

3. PODSUMOWANIE

Przeгляд znakowarek laserowych 2D oraz 3D pozwala stwierdzić, że owe znakowarki są bardzo uniwersalnymi urządzeniami, których można używać zarówno do znakowania pojedynczych detali, jak i stosować na linii produkcyjnej. Dzięki ich wszechstronności znakowane detale mogą być nieruchome, znajdować się w ciągłym ruchu, a także pod dowolnym kątem. Próbkki wykonane za pomocą znakowarek laserowych potwierdzają, że przy zastosowaniu odpowiednich parametrów systemu laserowego, można w prosty i bezpieczny sposób znakować każdą powierzchnię. Prócz tego systemy te są o wiele bardziej precyzyjne niż standardowe znakowarki atramentowe a wykonane znaki o wiele bardziej trwałe. Precyzyjność i szybkość znakowarek laserowych pozwala na wygrawerowanie nawet najmniejszych symboli i grafik, z którymi znakowarki atramentowe mogły by sobie nie poradzić. Systemy laserowe, są również proste w użyciu co sprawia że każdy użytkownik programów graficznych nie będzie miał większego problemu z obsługą systemów.

Przeprowadzona szacunkowa analiza (podczas której użyte zostały parametry podane przez producenta) wykazała, że w większości przypadków (mniejszy tekst, lub materiał z jakiego wykonany jest znakowany detal) bardziej opłacalne jest zastosowanie systemów laserowych, ponieważ skracają one znacznie szacunkowy czas wykonania. Grawerowanie w materiałach za pomocą mikroudarowych urządzeń ponosi za sobą dodatkowe koszty wymiany igły znakującej, podczas gdy medium laserowe przez kilkanaście tysięcy godzin pozwala grawerować bez wymiany tego medium. Chociaż systemy laserowe są znacznie droższe od typowych znakowarek konwencjonalnych, to jednak rekompensuje to ich uniwersalność, gdyż różne rodzaje materiałów mogą być znakowane i grawerowane, podczas gdy w przypadku konwencjonalnych znakowarek, potrzeba zmieniać rodzaj znakowarki lub dostosowywać odpowiedni atrament do odpowiednich powierzchni.

LITERATURA

1. Ziętek B., Lasery, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2008.
2. Kusiński J., Lasery i ich zastosowanie w inżynierii materiałowej, Akapit, Kraków 2000.
3. Sadowski A., Krehlik R., Laser w obróbce materiałów i metrologii, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973.
4. Miecielica M., Zadrozny S., Laserowe znakowanie wyrobów w ruchu ciągłym, Mechanik, nr 7, 2002, s. 502-505
5. Miecielica M., Jaszczuk D., Znakowanie materiałów laserem małej mocy typu Nd:YAG pobudzanego diodami, Mechanik, nr 4, 2004, s. 190-192.
6. Trochimczuk R., Karpovich S. E., Technologia i technika formowania trójwymiarowych obiektów w szkłe i innych przezroczystych dielektrykach za pomocą lasera, Budowa i

- eksploatacja maszyn, Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Zeszyt 11, 2003, s. 231-244.
7. Micielica M., Zadrożny S., Laserowe znakowanie wyrobów w ruchu ciągłym, *Mechanik*, nr 7, 2002, s. 502-505.
 8. Trochimczuk R., Karpowicz S. E., Wybrane aspekty formowania obiektów 3d w szkle i innych przezroczystych dielektrykach za pomocą lasera, *Budowa i eksploatacja maszyn*, Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Zeszyt 10, 2002, s. 153-160.
 9. Strona internetowa - <http://www.grawerowanie3d.wroclaw.pl>
 10. Strona internetowa - <http://www.laserfoxinternational.com>