



Charakterystyka nowego produktu firmy IPG - lasera włóknowego emitującego wiązkę promieniowania o modzie podstawowym i szczytowej mocy impulsu 2,5 kW

Nowy laser YLM-250-2500-QCW-SM firmy IPG rozszerza paletę urządzeń typoszeregu QCW (ang. Quasi Continuous Wave). Typoszereg ten obejmuje zarówno lasery emitujące wiązkę wielomodową o szczytowej mocy impulsu rzędu 23 kW i energii impulsu sięgającej 230 J, znajdujące zastosowanie do „laserowego wiercenia” - perforowania, jak i grupę laserów emitujących wiązkę o modzie podstawowym i szczytowej mocy impulsu do 1,5 kW.

Lasery włóknowe emitujące wiązkę promieniowania w trybie impulsowym mają już ugruntowaną pozycję w obszarze precyzyjnego cięcia i spawania. Obecnie otwierają się przed nimi nowe obszary zastosowania, jak perforowanie, znakowanie i napawanie. Zastosowania tego rodzaju wymagają użycia impulsu wiązki promieniowania laserowego o szerokości (czasie trwania) w zakresie milisekund i równocześnie bardzo dobrej jakości. Spełniając wymóg coraz większej energii impulsu, a zatem coraz większej mocy laserów, osiągnięto w przypadku nowego lasera o mocy 250 W szczytową moc impulsu rzędu 2,5 kW i jakość wiązki odpowiednią dla wiązki promieniowania o modzie podstawowym.



Rys. 1. Laser włóknowy nowej generacji - YLM-250-2500-QCW-SM; (źródło IPG)

Charakterystyka lasera włóknowego emitującego wiązkę promieniowania w quasi-ciągłym trybie pracy

Obok laserów włóknowych pracujących w trybie pracy ciągłej (CW) firma IPG Photonics produkuje również lasery impulsowe z przełącznikiem dobroci (Q-SWITCH), przeznaczone do przemysłowej obróbki materiałów. Lasery tego rodzaju, emitujące wiązkę promieniowania o szerokości impulsu rzędu nanosekund, są stosowane do różnego rodzaju obróbki precyzyjnej, np. znakowania lub czyszczenia róż-

norodnych elementów konstrukcyjnych. Lasery włóknowe QCW (ang. Quasi Continuous Wave) pracują natomiast w milisekundowym zakresie częstotliwości emisji impulsów wiązki promieniowania, wypełniając tym samym lukę między laserami wymienionymi wcześniej.

Podstawowe zalety laserów włóknowych, takie jak: lepsza sprawność, niezawodność, trwałość i zwarta budowa, które doprowadziły do wyparcia stosowanych w wielu obszarach laserów Nd:YAG pompowanych lampowo, stały się w firmie IPG przyczynkiem do rozwoju laserów włóknowych typoszeregu QCW.

Celem prac w tym zakresie było wykorzystanie zalet laserów włóknowych w urządzeniach tego rodzaju o niewielkiej mocy średniej i krótkim cyklu pracy. Zasada laserów impulsowych typu QCW jest taka sama jak w przypadku laserów pracujących w trybie emisji ciągłej (CW). Zasadniczą różnicę stanowi szczytowa moc impulsu. Jest ona 10-krotnie większa niż średnia moc lasera CW.

Najmniejszy laser typoszeregu QCW firmy IPG, oznaczony YLR-150-1500-QCW, zapewnia szczytową moc impulsu rzędu 1,5 kW przy średniej mocy rzędu 150 W, czasie trwania impulsu rzędu 10 ms i energii 15 J. Energia impulsu o tej wartości jest wystarczająca do takich zastosowań, jak cięcie, spawanie i perforowanie najbardziej różnorodnych materiałów. Typowym laserem produkowanym przez firmę IPG przeznaczonym do perforowania jest laser typoszeregu QCW o szczytowej mocy impulsu do 23 kW, średniej mocy 2300 W i energii impulsu 230 J. Modele o szczytowej mocy impulsu do 6 kW, ze względu na niewielką moc średnią, mogą być eksploatowane przy zastosowaniu chłodzenia powietrzem.

Podobnie jak w przypadku typoszeregu laserów emitujących wiązkę promieniowania w trybie ciągłym (CW), firma IPG oferuje typowe konstrukcje laserów QCW w postaci:

- modułów YLM - produktów typu OEM dla innych wytwórców,
- 19-calowych modułów typu „rack” YLR, ułatwiających montaż
- w przypadku wyższej mocy, modułów YLS wykonanych w postaci wolnostojącej obudowy.

Oferowane obecnie przez firmę IPG moduły laserowe o szczytowej mocy impulsu do 4,5 kW charakteryzują się zwartą budową - podstawą o wymiarach 416x566 mm i wysokością 148 mm, zajmując niewiele miejsca przy instalacji w maszynie. Nowy moduł laserowy YLM-250-2500-QCW-SM o mocy 2,5 kW charakteryzuje się przy tej samej wysokości jeszcze mniejszą podstawą o wymiarach zaledwie 336x435 mm.

Lasery typu QCW firmy IPG emitujące wiązkę promieniowania o modzie podstawowym charakteryzują się bardzo dobrą jakością wiązki, zazwyczaj $M^2=1,05$. Są zatem odpowiednie do zastosowań wymagających wysokiej precyzji. Ze względu na wysoką moc szczytową impulsu stosowane są również w tych przypadkach technologicznych, w których wymagana jest wysoka gęstość mocy.



Rys. 2. Różnorodne rodzaje laserów włóknowych typoszeregu QCW: laser YLR (wersja typu „rack”), YLM (wersja modułowa) i YLS (wolnostojąca)

Przy układzie optycznym 1:1 lasery tego rodzaju osiągałyby gęstość mocy w obszarze ogniskowania o wartości powyżej 1500 MW/cm^2 - wartości, która dotychczas nie mogła zostać osiągnięta za pomocą ekonomicznego lasera emitującego wiązkę promieniowania o modzie podstawowym i wysokiej energii impulsu.

W standardowych aplikacjach znajduje zastosowanie wiązka promieniowania laserowego emitowana w trybie impulsowym o szerokości impulsu w zakresie $0,05 \div 50 \text{ ms}$. W określonych przypadkach wymagana jest szerokość impulsu poniżej $10 \mu\text{s}$, aby skutecznie obniżyć ilość ciepła wprowadzanego do materiału przypadającą na jeden impuls. Maksymalna szerokość impulsu jest odwrotnie proporcjonalna do mocy szczytowej impulsu, co oznacza, że mogą być także generowane impulsy o większej szerokości i mniejszej mocy szczytowej, przy czym czas trwania impulsu może być większy niż 10%. Z mocą szczytową impulsu odpowiadającą mocy średniej pracuje zatem laser w trybie pracy ciągłej (CW).

W przypadku wielu materiałów duże znaczenie ma ilość ciepła wprowadzanego do nich także w milisekundowym zakresie szerokości impulsu. Aby w krótkim czasie osiągnąć szybkie stopienie materiału lub zapobiegać tworzeniu się pęknięć gorących, impuls wiązki promieniowania laserowego o określonej szerokości (czasie trwania) musi podlegać dodatkowej modulacji w danym przedziale czasu emisji. Pompowany diodowo laser włóknowy wykazuje tę zaletę. Każdy pojedynczy impuls może przybierać dowolny kształt. Jednym z wielu zastosowań laserów włóknowych QCW jest perforowanie laserowe.

Wysoka wydajność perforowania laserowego - istotne kryterium porównawcze z innymi technikami wytwarzania

Perforacja laserowa za pomocą impulsów wiązki promieniowania o szerokości w zakresie milisekundowym jest często stosowana w przemyśle lotniczym. Proces perforowania, w którym wykonywane jest wiele milionów otworów znalazł zastosowanie w produkcji nowej generacji turbin silników lotniczych.

Tak duża ilość otworów chłodzących jest wymagana w odniesieniu do silnie obciążonych łopatek turbin lub komór spalania silników. Otwory mogą w tym przypadku wykazywać różną głębokość lub kształt. Mogą wykazywać położenie równoległe względem siebie lub ukośne w przypadku usytuowania pod różnym kątem w stosunku do powierzchni zewnętrznej.

Inne obszary zastosowania laserów włóknowych QCW to przemysł narzędziowy czy też produkcja filtrów paliwa lub igieł chirurgicznych. Nawet materiały niemetaliczne, jak np. ceramika (Al_2O_3 lub AlN) mogą być perforowane za pomocą laserów włóknowych QCW. Materiały te są wykorzystywane w dużej ilości w przemyśle półprzewodników, w produkcji LED lub monokrystalicznego Al_2O_3 (szafir) dla



Rys. 3. Otwory wykonane laserem QCW: strona lewa - łopatki turbiny z otworami wykonanymi za pomocą lasera typu QCW; strona prawa - proces wykonywania otworów w komorze spalania silnika za pomocą lasera YLS-900-9000-QCW; (źródło IPG)

przemysłu rozrywkowego. Dla ostatecznej oceny perforowania laserowego przez odbiorcę końcowego istotna jest wysoka wydajność i stały poziom najwyższej jakości.

Grawerowanie laserowe i cięcie w jednym przejściu

Grawerowanie laserowe, podobnie jak perforowanie, należy do ubytkowej metody wytwarzania. Oddziaływanie wiązki promieniowania lasera włóknowego QCW na powierzchnię materiału, ze względu na wysoką energię impulsu, jest bardzo szybkie, powodując równocześnie usunięcie dużej ilości materiału. W procesie żłobienia podłoża z ceramiki z Al_2O_3 lub AlN , o typowej grubości w zakresie $300 \div 700 \mu\text{m}$, wytwarzane są określone obszary nieciągłości niezbędne do dalszego przetwarzania. Głębokie grawerowanie numerów podwozia to w przemyśle laserowe żłobienie. Często jest stawiany warunek wykonania za pomocą wiązki laserowej bruzdy (zagłębienia) w taki sposób, aby przy późniejszym lakierowaniu oznaczenie, napis lub kod kreskowy DataMatrix był nadal widoczny. Czas procesu i koszty są przy tym istotnymi czynnikami dla wyboru najbardziej odpowiedniej techniki wytwarzania. Czas procesu ogranicza się do kilku sekund, dlatego należy pracować w trybie oznaczenia w postaci jednej linii. Laser emitujący

wiązkę w trybie impulsowym o szerokości impulsu w zakresie nanosekund jest przy tym na tyle wolny, że w dalszym ciągu stosowane są jeszcze stemple igłowe wymagające większych nakładów na obsługę.

Lasery włóknowe QCW mogą generować impulsy wiązki promieniowania także w zakresie średniej częstotliwości przy jednocześnie wysokiej energii impulsu. A zatem możliwe jest zdjęcie z podłoża ze stali konstrukcyjnej warstwy o grubości 1 mm z prędkością rzędu 200 mm/s.

Filigranowe kształty elementów konstrukcyjnych są wytwarzane za pomocą cięcia laserowego poprzez szybką modulację mocy lasera, tak aby zredukować ilość ciepła wprowadzonego do materiału, szczególnie w narożach. Dotyczy to nie tylko materiałów metalicznych, ale także materiałów niemetalicznych, szczególnie kruchych - typowych ceramik lub szkła szafirowego. Ekrany smartfonów, tabletów lub zegarków wykonane ze szkła szafirowego są obecnie standardowo stosowane. Lasery włóknowe QCW są stosowane do cięcia pojedynczych wyświetlaczy i szybek ochronnych dla różnorodnych czujników. Chropowatość powierzchni cięcia szkła szafirowego



Rys. 4. Szkło szafirowe o grubości 2,8 mm wycięte z prędkością 3 mm/s

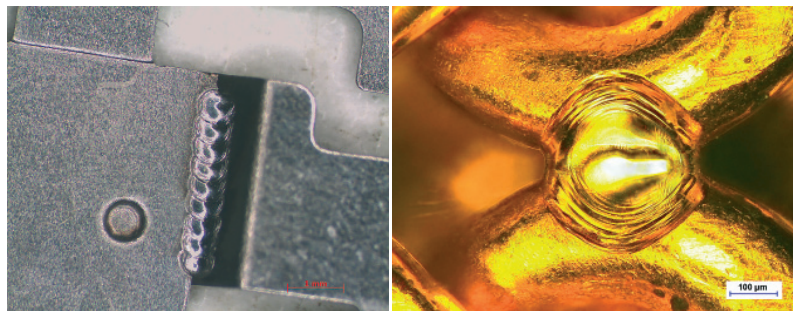
o grubości 2,8 mm jest mniejsza niż 2 μm . W przypadku grubości 0,4 mm prędkość cięcia osiąga wartość 12 mm/s przy braku jakichkolwiek rys na powierzchni cięcia.

Zalety laserów QCW ujawniają się szczególnie w tych firmach, w których gama produkowanych elementów jest bardzo różnorodna. Uniwersalność tych laserów może być w tym przypadku znakomicie wykorzystana. Lasery QCW mogą bowiem pracować zarówno w trybie ciągłym, jak i impulsowym. Za pomocą lasera YLR-150-1500-QCW pracującego w trybie ciągłej emisji wiązki promieniowania można ciąć folie ze stali szlachetnej o grubości 0,2 mm z prędkością 200 mm/s. Impulsowy tryb emisji wiązki promieniowania laserowego o szczytowej mocy impulsu 1,5 kW umożliwia natomiast cięcie blachy o grubości do 4 mm. Spektrum zastosowań dla ekonomicznego urządzenia wyposażonego w laser QCW staje się zatem bardzo szerokie.

Spawanie laserowe w trybie impulsowym ogranicza ilość ciepła wprowadzonego do materiału

W zakresie spawania laserowego w trybie impulsowym lasery włóknowe QCW zastępują obecnie używane dotychczas lasery Nd:YAG pompowane lampowo. Koszty obsługi tych laserów są bowiem wyraźnie niższe od kosztów obsługi laserów Nd:YAG. Laser QCW wyposażony w generator kształtu impulsu PSG (ang. Pulse Shape Generator) i przej-

rzystą grafikę panelu sterowania GUI (ang. Graphical User Interface) umożliwia w prosty sposób dostosowanie kształtu impulsu bezpośrednio do wymagań określonego procesu spawania. Spawanie tytanowej obudowy rozrusznika serca wymaga na przykład wysokiego poziomu „know-how” gwarantującego dobór takich parametrów procesu, które umożliwiają minimalizację odkształceń i zapewniają szczelność połączenia. Odpowiedni kształt impulsu zapewnia uzyskanie wysokiej jakości spoiny w odniesieniu do porowatości, jak również określonego przepływu ciepła w spoinie rzutuującego na skurcz spawalniczy. Materiały odbijające promie-



Rys. 5. Spoina wykonana w trybie impulsowym na elemencie smartfona ze stali szlachetnej (strona lewa); spoina punktowa na ogniwie złotego łańcuszka

niowanie świetlne, jak miedź, aluminium i złoto mogą być łączone bez ograniczeń. W tym przypadku impuls wiązki promieniowania laserowego może być kształtowany w taki sposób, aby w momencie uderzenia o powierzchnię materiału jego moc zmniejszyła się, co zapobiega tworzeniu się rozprysku.

Precyzyjne napawanie

Obszar zastosowań laserów technologicznych rozwija się intensywnie. Istotną jego część stanowi napawanie laserowe. Oprócz typowego procesu napawania laserem emitującym wiązkę promieniowania o dużej mocy w trybie ciągłym, rośnie znaczenie napawania laserem emitującym wiązkę promieniowania o mocy w zakresie kilowatów w trybie impulsowym. Mobilne urządzenie laserowe do napawania regeneracyjnego może być wyposażone w laser chłodzony powietrzem o energii impulsu rzędu 45 J i mocy szczytowej rzędu 4,5 kW, charakteryzujący się zwartą budową, co rzuca tuje na niewielkie gabaryty całego urządzenia.

Podsumowanie

Typoszereg laserów włóknowych QCW firmy IPG charakteryzuje się skutecznie ugruntowaną od kilku lat pozycją w najróżniejszych obszarach przemysłowego zastosowania laserów, np. perforacji czy też cięcia różnorodnych materiałów. Wraz z nowym laserem YLM-250-2500-QCW-SM zostało zaoferowane nowe urządzenie laserowe o zwartej budowie, charakteryzujące się bardzo dobrą jakością wiązki promieniowania laserowego. Urządzenie to umożliwia generację wiązki laserowej w trybie impulsowym o mocy szczytowej impulsu 2,5 kW i maksymalnej energii impulsu 25 J. Parametry te umożliwiają rozszerzenie obszaru zastosowań laserów z uwzględnieniem stale rosnących wymagań rynku

www.ipgphotonics.com