

# KiMLA



## ZANIM KUPISZ LASER

Przemysław Kimla

## Spis treści

Wstęp.....	2
System sterowania.....	3
G-kod .....	4
Napędy.....	5
Liniały absolutne .....	5
Napędy liniowe o dużej gęstości mocy .....	6
Programowanie lasera .....	6
Postprocesor .....	7
CAD / CAM / Nesting.....	7
CAD .....	8
CAM .....	9
Nesting.....	10
Obliczanie czasów cięcia, wyceny i raportowanie.....	11
Interpolator sprzętowy / programowy.....	12
Moc lasera.....	13
Wydajność pracy wycinarki laserowej .....	15
Do produkcji czy na usługi .....	19
Koszty utrzymania lasera.....	20
Głowica .....	21
Jak kupować laser .....	24
Gwarancja .....	28
Możliwości lasera .....	28

## Wstęp

Wielu chciałoby zarabiać na cięciu laserem ponieważ takie usługi wciąż generują zaskakująco wysokie zyski. Przez wiele lat, pomimo wysokich kosztów utrzymania i stosunkowo niskiej wydajności w tej branży dominowały lasery CO<sub>2</sub>. Technologia ta osiągnęła kres możliwości rozwoju, a ze względu na dużą ilość urządzeń ceny usług spadły do nieatrakcyjnych poziomów z punktu widzenia inwestorów. Aż do roku 2010, w którym rozpoczęła się rewolucja fiber.

Lasery światłowodowe stały się wówczas wielką nadzieją branży, ponieważ ze względu na znacznie krótszą długość fali światła, liniowe prędkości cięcia osiągały wartości wielokrotnie wyższe od laserów CO<sub>2</sub>.

Początki nie były łatwe ponieważ niewielkie moce pierwszych źródeł, problemy z głowicami i ograniczenia rozwiązań technicznych z laserów starszej generacji powodowały, że wycinarki laserowe fiber, produkowane przez potentatów, były niewiele wydajniejsze od laserów CO<sub>2</sub>.

Największą przewagą lasery fiber wykazują przy cięciu cieńszych blach ale okazało się, że właśnie przy cienkich blachach największym ograniczeniem stały się niewystarczająco wydajne systemy sterowania. Są to specjalizowane komputery przemysłowe, które sterują napędami osi pozycjonujących głowicę tnącą. W erze laserów CO<sub>2</sub> systemy te pochodziły z maszyn skrawających, poruszających się nieporównywalnie wolniej od wycinarek laserowych i już wówczas dostrzegano ograniczenia wynikające z braku wystarczająco szybkich układów sterowania.

Problem ten stał się kluczowy jednak dopiero po pojawieniu się źródeł światłowodowych ponieważ okazało się, że poprzez stosowanie zbyt wolnych systemów sterowania producenci wycinarek fiber marnują potencjał tej nowoczesnej technologii. Zauważono bowiem, że lasery wyposażone w źródła fiber mogą osiągać pięciokrotnie większe prędkości cięcia w stosunku do laserów CO<sub>2</sub>. Rzeczywista wydajność produkcji wzrosła niejednokrotnie tylko o 30%.

## System sterowania

Jest to spowodowane sposobem działania systemów sterowania, który został wymyślony w latach 50' ubiegłego wieku i polega na sterowaniu prędkością serwonapędu na podstawie jego spóźnienia za pozycją zadaną interpolatora.

Interpolator jest to część systemu sterowania, która na podstawie zadanego kształtu do wycięcia wskazuje miejsce w którym powinna znaleźć się w danym momencie głowica tnąca.

Różnica pomiędzy pozycją zadaną z interpolatora i aktualną pozycją głowicy to uchyb pozycji.

Wartość uchybu po przeskalowaniu staje się wartością zadaną prędkości dla serwonapędów poruszających głowicę.

Wynika z tego, że im większa prędkość ruchu tym pojawia się większy uchyb pozycji i coraz gorsza dokładność odwzorowania kształtów zadanych do wycięcia. Taki sposób sterowania pozwala na wycinanie albo szybkie, albo dokładne.

O ile przy stosunkowo wolnych obrabiarkach skrawających taka ułomność sterowania nie wpływa znacząco na ograniczenia parametrów obróbki to przy cięciu laserem fiber skomplikowanych elementów, narożników czy otworów, błędy odwzorowania kształtu mogą osiągać wartości nawet kilku milimetrów.

Dlatego producenci laserów wyposażonych w takie systemy sterowania zmuszeni są do znacznego spowalniania ruchu maszyny w celu minimalizacji tych deformacji. Niestety, znacznie ogranicza to dynamikę pracy maszyny, a co za tym idzie jej wydajność. Taki sposób sterowania wynikał z ograniczeń technologii mikroprocesorowej w latach 50' i aby w ogóle można było wówczas stworzyć taki system trzeba było zgodzić się na wiele kompromisów. W kolejnych latach technika mikroprocesorowa rozwijała się z szybkim tempie lecz konserwatywne podejście producentów systemów sterowania CNC spowodowało, że do dziś działają one w oparciu o tę samą technologię z przed 50 lat.

W 1999 r. firma Kimla chcąc wyjść poza utarte schematy działania sterowników CNC opracowała i wdrożyła koncepcję bezuchybowego systemu sterowania opartego o dostępne już wówczas szybkie procesory DSP.

Koncepcja polegała na tym, że wszystkie pętle regulacji znajdowały się w napędzie, a nie były rozproszone pomiędzy sterownikiem CNC i serwonapędem. W starszych rozwiązaniach interpolator zadawał wyłącznie pozycję. Rozwiązanie Kimla zakładało jednoczesne wysyłanie pozycji, prędkości i przyspieszenia co pozwoliło na uzyskanie niemalże zerowego uchybu, niezależnie od prędkości.

Ponadto, klasyczne systemy z regulatorami rozproszonymi działają z częstotliwością do 2kHz co oznacza, że pozycja serwonapędu korygowana jest 2000 razy na sekundę.

Dla stosunkowo wolnych maszyn skrawających jest to w zupełności wystarczające ale dla nowoczesnych laserów światłowodowych, które mogą wycinać z prędkościami ponad 1m/s, poprawka

realizowana jest tylko co 0.5mm co jest wartością dalece niewystarczającą. Kimla dzięki realizacji wszystkich regulatorów w serwonapędzie uniknęła konieczności powolnej dwukierunkowej wymiany danych pomiędzy serwonapędem i interpolatorem dzięki czemu stało się możliwe zwiększenie częstotliwości regulacji do 20kHz. Pozwoliło to na precyzyjną kontrolę pozycji nawet przy bardzo dużych prędkościach.

## G-kod

Pozostał jeszcze jeden problem do rozwiązania. Ścieżka narzędzia po której ma poruszać się głowica zapisywana jest w postaci współrzędnych, do których kolejno ma dojechać głowica w celu wycięcia zadanego kształtu. Format ten nazwano G-kodem i jest to po dzień dzisiejszy standardowy język zapisu danych dla maszyn CNC opracowany jeszcze do pracy z taśmą perforowaną. Jest to stosunkowo prymitywny zapis, który skomplikowane kształty przechowuje w postaci polilinii, czyli krzywej łamanej składającej się czasami z dziesiątek tysięcy krótkich odcinków, tworzących zadany kształt.

Przy laserach światłowodowych i dużych prędkościach roboczych często zdarza się, że odcinki polilinii są tak krótkie, że system nie jest w stanie przetworzyć poszczególnych komend na tyle szybko aby zapewnić płynność ruchu. Maszyna drży, szarpie i niepotrzebnie zwalnia, a konsekwencją jest dalsze ograniczenie wydajności i pogorszenie jakości cięcia.

Firma Kimla ponownie wyszła naprzeciw potrzebom rynku i opracowała unikalny sposób przetwarzania danych wektorowych przez system CNC. Ścieżka narzędzia, po której porusza się maszyna, może przybierać różne kształty w tym takie, na których maszyna musi płynnie dostosowywać posuw do kształtu wycinanego detalu. Większość systemów kontroluje w takim przypadku prędkość na podstawie kątów pomiędzy poszczególnymi odcinkami, skokowo zmieniając prędkość zadaną.

Kimla zamiast analizować kąty pomiędzy poszczególnymi odcinakami przyjęła koncepcję wyliczania przyspieszeń odśrodkowych na bazie kształtów po których maszyna porusza się.

Takie podejście pozwoliło na znacznie precyzyjniejsze obliczenie prędkości z jaką maszyna może poruszać się po danej ścieżce, a ponadto, dzięki grupowemu przetwarzaniu danych znacznie zwiększono przepustowość systemu. Technologię tą opatentowano pod nazwą „**Dynamiczna analiza wektorów™**”.

## Napędy

Każda maszyna CNC musi posiadać napędy, które przetwarzają sygnały sterujące na mechaniczny ruch osi. Najczęściej są to serwonapędy działające na bazie obrotowego silnika elektrycznego z zainstalowanym enkoderem do pomiaru aktualnej pozycji napędu.

Silnik napędza mechanizm zamieniający ruch obrotowy silnika na ruch liniowy osi roboczej. Może to być śruba toczna lub, co w przypadku laserów znacznie częstsze, listwa zębata. Pomiędzy listwą zębatą, a silnikiem stosowana jest przekładnia planetarna w celu dostosowania prędkości i momentu obrotowego. Są to przekładnie mechaniczne, które z czasem zużywają się, a to wymaga ich okresowej wymiany, szczególnie w przypadku szybkich i dynamicznych ruchów laserów fiber.

Z napędami mechanicznymi nierozzerwalnie związany jest również luz zwrotny powodowany przez niedokładności przekładni, tarcie, naprężenia oraz zużycie. Pojawiający się luz zwrotny nie może być precyzyjnie kompensowany, ponieważ pomiar pozycji dokonywany jest przez enkoder na osi silnika. Ruch osi w zakresie luzu zwrotnego nie może być zmierzony przez enkoder.

W ostatnich latach zaczęły pojawiać się w wycinarkach laserowych magnetyczne napędy liniowe, które działają bezdotykowo. Ruch osi powoduje bezpośrednio pole magnetyczne, które się nie zużywa, a brak przekładni mechanicznych powoduje znaczne zwiększenie sprawności napędów.

W wycinarkach laserowych, gdzie nie ma narzędzia stawiającego opór podczas ruchu, niemal cała energia włożona w rozpędzenie danej osi może być odzyskana podczas hamowania, co firma Kimla wykorzystwała w postaci zaimplementowania technologii Common DC Bus. Odzyskana energia przekazywana jest następnie do osi rozpędzającej się i dzięki temu energia krąży pomiędzy napędami, minimalizując zużycie energii. Dzięki użyciu tej technologii ograniczono jej zużycie nawet do 70%.

## Liniały absolutne

Firma Kimla w swoich laserach wykorzystuje napędy liniowe z absolutnym odczytem pozycji co oznacza, że maszyna po włączeniu nie wymaga najazdów na punkty referencyjne, ponieważ odczyt realizowany jest na podstawie mikrokodu kreskowego naniesionego na taśmę inwarową wzdłuż każdej osi z rozdzielczością 1nm. Daje to niespotykaną dokładność pozycjonowania oraz wyeliminowanie luzu zwrotnego. Napęd portalu realizowany jest obustronnie przez dwa napędy liniowe z elektroniczną korekcją kąta.

## Napędy liniowe o dużej gęstości mocy

W celu zwiększenia wydajności cięcia, szczególnie przy cienkich blachach, należy zadbać o jak największe przyspieszenie aby maszyna, na jak najkrótszym odcinku, mogła osiągnąć prędkość zadaną. W tym celu producenci starają się zastosować napędy o jak największych mocach. Początkowo, gdy moc napędów jest stosunkowo niska, ich masa nie stanowi istotnej części masy poruszanej osi. Zwiększanie mocy silników powoduje zwiększanie ich masy, aż w końcu masa silników staje się na tyle istotna, że pojawia się efekt samoograniczenia, ponieważ dwukrotne zwiększenie mocy jest niwelowane poprzez podwojenie masy napędów. Powstaje zatem bariera w zwiększaniu wydajności, która wydawała się nie do pokonania. Wytwórcy laserów kupują silniki liniowe od ich producentów, którzy oferują rozwiązania konstrukcyjne sprzed 10-15 lat. Niedawno jednak pojawiły się na rynku nowoczesne materiały magnetyczne o wysokiej indukcji nasycenia, które umożliwiły stworzenie napędów nowej generacji.

Kimla rozpoczęła badania nad zastosowaniem tych materiałów do budowy napędów o wysokiej gęstości mocy. Ich efektem było stworzenie i wdrożenie do produkcji napędów liniowych, w których trzykrotnie podniesiono moc bez zwiększenia masy silnika, dzięki czemu osiągnięto dynamikę niedostępną dla innych producentów wycinarek laserowych.

## Programowanie lasera

Okazuje się jednak, że szybka maszyna to nie wszystko. Wciąż producenci laserów stosując uniwersalne systemy sterowania zmuszają użytkowników do utrzymywania całych zastępów technologów, w celu przygotowywania programów na wycinarki laserowe. Wynika to z historii rozwoju systemów sterowania obrabiarek.

Pierwsze systemy były programowane prymitywną klawiaturą na pulpicie maszyny, a programy były zapisywane na taśmach perforowanych. Pojawienie się pierwszych komputerów osobistych ułatwiło pisanie i edycję programów poza maszyną i przenoszenie ich na wygodniejszych nośnikach danych. Jednak uciążliwość wpisywania często tysięcy linii programu spowodowała powstanie w latach 80' programów do automatycznego generowania ścieżki narzędzia do maszyn CNC.

Programy CAM tworzone przez liczne firmy zaczęły pojawiać się jak grzyby po deszczu ale i producentów systemów sterowania przybywało. Pojawił się więc problem kompatybilności programów CAM z systemami sterowania, ponieważ nie udało się uzgodnić jednego, uniwersalnego standardu zapisu danych. Utrudniała to różnorodność maszyn i ich konfiguracji, dlatego powstał dodatkowy niezbędny moduł pomiędzy programem CAM, a systemem sterowania - postprocesor.

## Postprocessor

Stworzenie odpowiedniego postprocesora jest zlecane dostawcy oprogramowania CAM przez końcowego użytkownika lub sprzedawcę maszyny. Tu pojawia się pierwszy problem, ponieważ jakość napisania takiego postprocesora będzie rzutowała na wydajność i jakość pracy maszyny.

Nie ma możliwości napisania dobrego postprocesora w krótkim czasie, ponieważ jest to proces wielokrotnego testowania i poprawiania, który może potrwać wiele miesięcy. Często kupujący koncentruje się na parametrach samej maszyny nie zwracając uwagi na sposób tworzenia programów, ich poprawiania, łatwości wymiany danych z maszyną lub tego czy wszystkie funkcje lasera są w ogóle zaimplementowane w programie sterującym.

Zdarza się, że producent lasera zmienia co jakiś czas dostawcę oprogramowania CAM i wówczas użytkownik starszej wersji nie może już liczyć na pomoc gdyż producent lasera nie będzie dłużej rozwijał oprogramowania, którego już nie oferuje.

Aby rozwiązać ten problem, firma Kimla stworzyła unikatowe rozwiązanie polegające na implementacji wszystkich funkcji CAD, CAM i Nestingu w systemie sterowania.

## CAD / CAM / Nesting

To pionierskie rozwiązanie, ponieważ dotychczas lasery były programowane wyłącznie przez zewnętrzne systemy CAM. Jakakolwiek zmiana kształtu, położenia detalu, wielkości otworów powodowała konieczność przerwania przez operatora pracy maszyny i zlecenie technologowi zmiany, wygenerowania nowego programu, wgrania go do lasera i kontynuację pracy. Często najprostsze zmiany powodowały długotrwałe przestoje.

Na maszynach Kimla można pracować z pominięciem technologa, ponieważ wszystkie prace przygotowawcze mogą być wykonane sposób automatyczny, bezpośrednio przez operatora w czasie pojedynczych minut, a jakiegokolwiek zmiany i drobne poprawki zajmują sekundy.

Oczywiście, dla firm przyzwyczajonych do pracy z udziałem technologa możliwe jest zainstalowanie aplikacji operatora na stanowisku technologicznym. Wówczas operator może wykonać wszystkie zadania technologa i odwrotnie.

Kimla rozwija swój system sterowania od 20 lat. Wciąż go rozbudowuje i implementuje kolejne innowacje funkcjonalności, często na podstawie potrzeb i oczekiwań bezpośrednio od użytkowników.



Istnieje również możliwość napisania dedykowanych funkcjonalności na konkretne indywidualne zamówienie, co nie jest możliwe w przypadku systemów dostarczanych przez firmy trzecie.

Wraz z rozwojem można klientom oferować upgrade-y oprogramowania dostosowując starszy system do najnowszych wymagań rynku.

## CAD

Jest to edytor grafiki wektorowej pozwalający na tworzenie rysunków, wczytywanie kształtów w formatach dxf, dwg, geo, taf, plt, hpgl i podobnych, oraz ich edycję.

Oprócz możliwości rysowania linii, łuków, splinów, znaków graficznych, przycinania, fazowania, zaokrąglania itd. Jest to standardem w programach tego typu. Bardzo ważne w programach CAD dla wycinarek laserowych są funkcje dedykowane do automatycznego czyszczenia i domykania konturów.

Aby wyciąć poprawnie detal, wiązka lasera nie może przemieszczać się dokładnie po konturze wyznaczonym przez rysunek, ponieważ szczelina powstająca podczas cięcia w zależności od rodzaju i grubości blachy ma szerokość od 0.05mm do 0.4mm. Spowodowałoby to, że wycięte części miałyby niewłaściwe wymiary.

Musimy zatem ścieżkę narzędzia odsunąć od konturu opisującego detal o pół szerokości tej szczeliny. Aby program wiedział w którą stronę należy go odsunąć musi być to kontur zamknięty w przeciwnym przypadku nie można ustalić czy ma to być korekcja zewnętrzna czy wewnętrzna. Dodatkową komplikacją są detale z otworami gdzie zewnętrzny kontur powinien być odsunięty na zewnątrz, a wewnętrzny do wewnątrz. Jeżeli dołożymy przypadki mniejszych elementów włożonych w otwory większych to sytuacja jeszcze bardziej się komplikuje.

Dlatego niezmiernie ważne jest, żeby części do wycięcia miały jednoznacznie zdefiniowane kontury, aby program mógł właściwie zinterpretować rysunek. Niestety bardzo często rysunki nie są przygotowane właściwie. Mają niepodomykane kontury, zwielokrotnione linie, lub częściowo nachodzące na siebie odcinki. Dla rysunku tworzonego z myślą o wydruku nie ma to znaczenia, dlatego często zasady higieny rysunku są przez konstruktorów ignorowane. Powoduje to niepotrzebne marnowanie czasu, ponieważ technolog przed przygotowaniem programu do lasera musi mozolnie, ręcznie poprawiać te rysunki.

Firma Kimla widząc te niedogodności wdrożyła szereg funkcji, które automatycznie przetwarzają rysunki. Domykanie niezamkniętych obrysów, usuwanie pokrywających się linii, czy zamiana poszarpanych krawędzi na linie i łuki to tylko niektóre funkcjonalności, które pozwalają na automatyzację procesu przygotowania projektu na laser.

## CAM

Jest to generator ścieżki narzędzia, oraz wszystkich komend dla głowicy, źródła czy automatyki. Gotowe szablony dla każdego rodzaju i grubości blach opisują jak ma zachowywać się laser aby poprawnie wyciąć detal. Dla każdego materiału i grubości producent lasera powinien doświadczalnie dobrać wszystkie parametry, tak aby operator lub technolog mógł wybrać jedną z gotowych tablic technologicznych i automatycznie wygenerować program.

Czasami jednak zdarza się, że operator ze względu na nietypowy materiał lub wymogi produkcyjne musi dokonać zmian ustawień. W większości wycinarek laserowych parametry technologiczne są rozproszone pomiędzy systemem sterowania oraz oprogramowaniem CAM.

Na przykład prędkości cięcia, moce lasera, czy charakterystyki przebijania są zawarte w tablicach sterowania maszyny, natomiast za punkty wpaleń, odległości od konturu czy kształt dojazdu do ścieżki odpowiadają tablice w programie CAM.

Powoduje to częste pomyłki i nieporozumienia pomiędzy technologiemi, a operatorem.

Często tablice lasera zmodyfikowane na potrzeby jednego programu nie zostają przywrócone do domyślnych wartości co powoduje, że cięcie następnych programów z użyciem danej tablicy może być niepoprawne.

Firma Kimla dzięki skonsolidowaniu wszystkich tych funkcji w jednym systemie umożliwiła operatorowi dowolną modyfikację parametrów cięcia, ponieważ wszystkie tablice technologiczne są kopiowane do konkretnego projektu i modyfikowanie ich w ramach jednego zlecenia nie wpływa na inne. Zapisany projekt ze zmodyfikowanymi ustawieniami można ponownie wykonać w dowolnym czasie. Ponadto w firmach, w których to technolog przygotowuje programy operatorowi, możliwa jest pełna interakcja i zamienność działań na obu stanowiskach. Program przygotowany przez technologa może być poprawiony przez operatora jeśli będzie taka potrzeba. Technolog może też korzystać z szablonów technologicznych poprawionych przez operatora, tak aby przy kolejnych zleceniach technolog używał dostosowanych ustawień.

Kolejną funkcjonalnością poprawiającą wydajność procesu cięcia jest możliwość automatycznego generowania wspólnych linii cięcia. Przy detalach o prostych bokach bardzo korzystne jest ustawienie ich w taki sposób, aby odległość pomiędzy nimi była szerokością szczeliny powstającej przy cięciu. Wówczas potrzebne jest tylko jeden przejazd roboczy dla wycięcia krawędzi obu sąsiadujących części.

Oszczędności są niebagatelne ponieważ w niektórych przypadkach czas i koszty cięcia można zmniejszyć nawet o 45%, a zużycie materiału do 10%. Wspólne linie cięcia tworzone powinny być automatycznie przez algorytm generowania ścieżki narzędzia, a dla grubszych blach nieoceniona jest funkcja wstępnych nacięć na rozwidleniach, chroniąca głowicę przed kolizjami w przypadku cięcia

blachy z wewnętrznymi naprężeniami. Aby w pełni zautomatyzować proces generowania ścieżki ze wspólnymi liniami cięcia, funkcjonalność ta powinna być również zaimplementowana w module Nestingu, aby można było automatycznie ustawić detale w odpowiedniej odległości od siebie.

## Nesting

Jest to automatyczne rozkładanie elementów na arkuszu w taki sposób, aby minimalizować straty materiału. Dla detali można zdefiniować ilość sztuk do wycięcia, kąt obrotu, kierunek walcowania lub wzoru materiału, dla całego arkusza odległość między detalami, marginesy, czy wspólne linie cięcia. Nowoczesne oprogramowanie do nestingu pozwala również na zapisywanie odpadów użytkowych w postaci arkuszy, z których został wycięty nieregularny kształt. Przy ponownym użyciu arkusza, częściowo wyciętego, nesting może użyć taki arkusz omijając przy rozkładzie brakujący materiał.

Zintegrowanie przez firmę Kimla nestingu w systemie sterowania daje też zupełnie nowe możliwości.

Podczas praktycznych realizacji projektów często kształty i ilości detali nie pozwalają na wydajne wykorzystanie materiału. Duże elementy na pierwszych rozłożonych arkuszach są skutecznie uzupełniane mniejszymi częściami, wypełniającymi przestrzenie pomiędzy nimi, natomiast ostatnie arkusze często są już wykorzystane w niewielkim stopniu. Założone ilości elementów do wycięcia nigdy nie są dokładnie takie aby na wszystkich arkuszach dokładnie wypełnić wszystkie przestrzenie. Można załączyć funkcję uzupełniania wolnych miejsc niezamówionymi częściami, ale to czy je w przyszłości sprzedamy nie jest pewne.

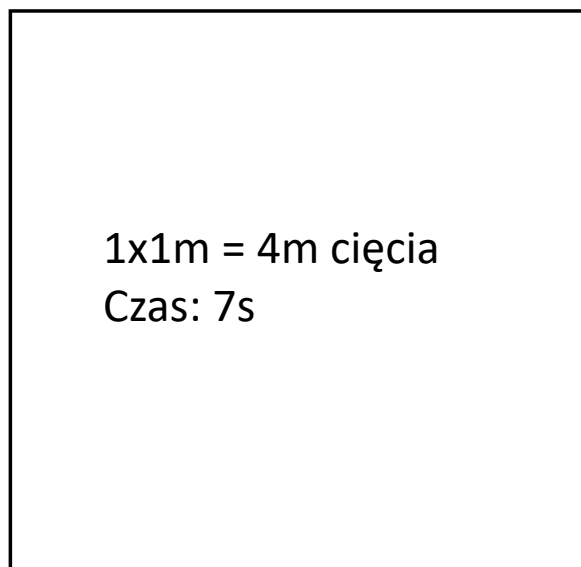
Zatem zawsze mamy dylemat czy starać się na siłę umieszczać w przestrzeniach pomiędzy dużymi częściami nie zamówione małe detale, z nadzieją że zlecenie się powtórzy godząc się na dłuższy czas cięcia, czy jednak godzić się na wyrzucanie nieużytego materiału pomiędzy detalami.

W klasycznych rozwiązaniach z zewnętrznym systemem CAM nie ma możliwości zmian po rozpoczęciu wykonywania projektu na maszynie, ponieważ laser nie raportuje do oprogramowania CAM postępów w wykonywaniu projektu.

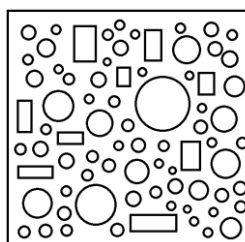
W laserach Kimla w czasie wykonywania projektu możliwe jest przerwanie wykonywania projektu, wprowadzenia kolejnego zlecenia na daną blachę i ponowne uruchomienie nestingu z uwzględnieniem wyciętych już elementów. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest znacznie lepsze wykorzystanie materiału.

## Obliczanie czasów cięcia, wyceny i raportowanie

Przygotowanie oferty na wykonanie usługi cięcia laserem to pierwsza rzecz, którą trzeba zrobić aby dać klientowi szansę na wybranie właśnie naszej firmy. Największym błędem jaki popełniają usługodawcy jest oferowanie stałej stawki za metr cięcia danego materiału.



Również 4m cięcia  
Czas: 38s



Wyobraźmy sobie kwadrat o boku 1m. Aby go wyciąć maszyna musi przeciąć materiał na długości 4m. Czas wycięcia takiego detalu na laserze np. 6kW z blachy 1,5mm to ok. 7s. Teraz weźmy kwadrat o boku 400mm ale z dużą ilością otworów, tak aby suma drogi po obrysie i po krawędziach otworów wyniosła również 4m.

Okazuje się, że detal o takiej samej długości drogi cięcia wycinany jest w czasie 38s, co jest wartością ponad 5 razy większą. Jeśli uśrednimy koszty cięcia dla różnych detali to może się okazać że w takim przypadku wycięcie detalu o boku 1m będzie dla klienta nieatrakcyjne cenowo, a na mniejszym detalu z otworami nie uzyskamy oczekiwanej marży. Można oczywiście dodawać jakąś kwotę za jedno przebicie co w jakimś stopniu zniweluje te różnice ale nigdy nie będziemy w stanie zoptymalizować tego procesu. Jedyną możliwością precyzyjnej wyceny cięcia dla założonego zarobku na godzinę jest wycena na podstawie czasu i kosztów cięcia. Ale jak oszacować czas cięcia bez wycięcia?

Zazwyczaj klient przysyła pliki z kształtami części, podaje rodzaj i grubość blachy i pyta ile będzie kosztowało ich wycięcie. Technolog wczytuje plik do programu CAM, wczytuje tablicę parametrów, generuje ścieżkę narzędzia i uruchamia funkcję symulacji.

Niestety okazuje się że czas wyliczone przez symulator cięcia w programie CAM nie robi tego dość dokładnie. Różnice mogą być znaczne i to tym większe im cieńsza jest blacha. Zdarza się, że laser wycina elementy 2 razy dłużej niż wynikało by to z wyliczeń programu. Okazuje się bowiem, że zewnętrzny program CAM nie ma możliwości precyzyjnego odtworzenia dynamiki ruchów lasera, a przy cienkich blachach to dynamika decyduje o wydajności. Sprawę komplikuje fakt, że charakterystyki i czasy przebieg zapisane są w pamięci lasera i program CAM nie ma do nich bezpośredniego dostępu. Po ich zmianie przez operatora nie są automatycznie uaktualniane w programie technologa ponieważ programowanie maszyn za pomocą g-kodu jest jednokierunkowe. Dane zawsze przesyłane są z programu CAM do maszyny ale nie odwrotnie.

Firma Kimla integrując CAM w systemie sterowania rozwiązała problem obliczenia czasów i kosztów cięcia. Stały dostęp algorytmów symulacji do nastaw dynamiki maszyny oraz do tablic technologicznych pozwala na precyzyjne ich obliczanie uwzględniając koszty prądu, gazów, części eksploatacyjnych, operatora czy amortyzacji. Operator może również wprowadzić kwotę dochodu jaką chce osiągnąć za godzinę pracy lasera, a system automatycznie obliczy cenę każdego detalu uwzględniając koszt materiału i uwzględni dane z nestingu dotyczące odpadów dla każdego arkusza. Raport taki można wygenerować w postaci pliku PDF będącego gotową ofertą dla klienta.

Moduł wyceny może pracować również na osobnym komputerze aby nie obciążać tym zadaniem technologa lub operatora.

## Interpolator sprzętowy / programowy

Ważnym czynnikiem na który również warto zwrócić uwagę jest sprzęt na którym bazuje system sterowania. Obecnie prawie każdy z nich oparty jest na przemysłowym komputerze PC dla ułatwienia tworzenia interfejsu użytkownika.

Tylko profesjonalne systemy sterowania mają tzw. interpolator sprzętowy, który odpowiada wyłącznie za sterowanie ruchami maszyny. Istnieją systemy sterowania, które są symulatorem systemu sterowania na komputerze PC. Niestety żaden PC nie jest maszyną czasu rzeczywistego ponieważ musi obsługiwać wiele zadań kolejgowanych przez system operacyjny.

Odczyt klawiatury, dysków, wyświetlanie obrazu na ekranie, komunikacja sieciowa to tylko niektóre z zadań które realizuje komputer tysiące razy na sekundę. Gdzieś między tymi zadaniami znajdują się algorytmy sterowania ruchami maszyny, które wyliczają i wysyłają do serwonapędu kolejną pozycję, w której ma znaleźć się głowica tnąca. Jednak zadania wykonywane przez procesor nie trwają zawsze tyle samo czasu i dane nie są wysyłane do serwonapędu w jednakowych odstępach czasu.

Jest to tzw. jitter, który może powodować obniżenie jakości ruchu, uskoki, drgania czy pofalowania krawędzi detalu. Dlatego w profesjonalnych systemach do sterowania ruchami głowicy

stosowany jest dodatkowy specjalizowany procesor -interpolator, który nie wykonuje innych zadań poza kontrolowaniem ruchu serwonapędów.

Należy zaznaczyć, że systemy bazujące na programowym symulatorze są bardzo tanie (od 1000 EUR) i często jest to wartość ponad 10 razy niższa od rozwiązań sprzętowych.

Profesjonalne wycinarki laserowe wyposażane są w systemy ze sprzętowymi interpolatorami, jednak coraz częściej w pogoni za zyskiem zdarzają się producenci sięgający po tańsze rozwiązania.

Firma Kimla od 20 lat produkuje wyłącznie systemy sterowania z interpolatorem sprzętowym komunikującym się z serwonapędami za pomocą przemysłowego protokołu komunikacyjnego Real Time Ethernet.

## Moc lasera

Pierwsze lasery światłowodowe do cięcia metali miały moce kilkuset watów i pozwalały na wycinanie blach o grubościach do 3mm z niezbyt imponującymi prędkościami.

Naturalne było zatem dążenie do zwiększania mocy aby zwiększyć wydajność i zakres ciętych blach.

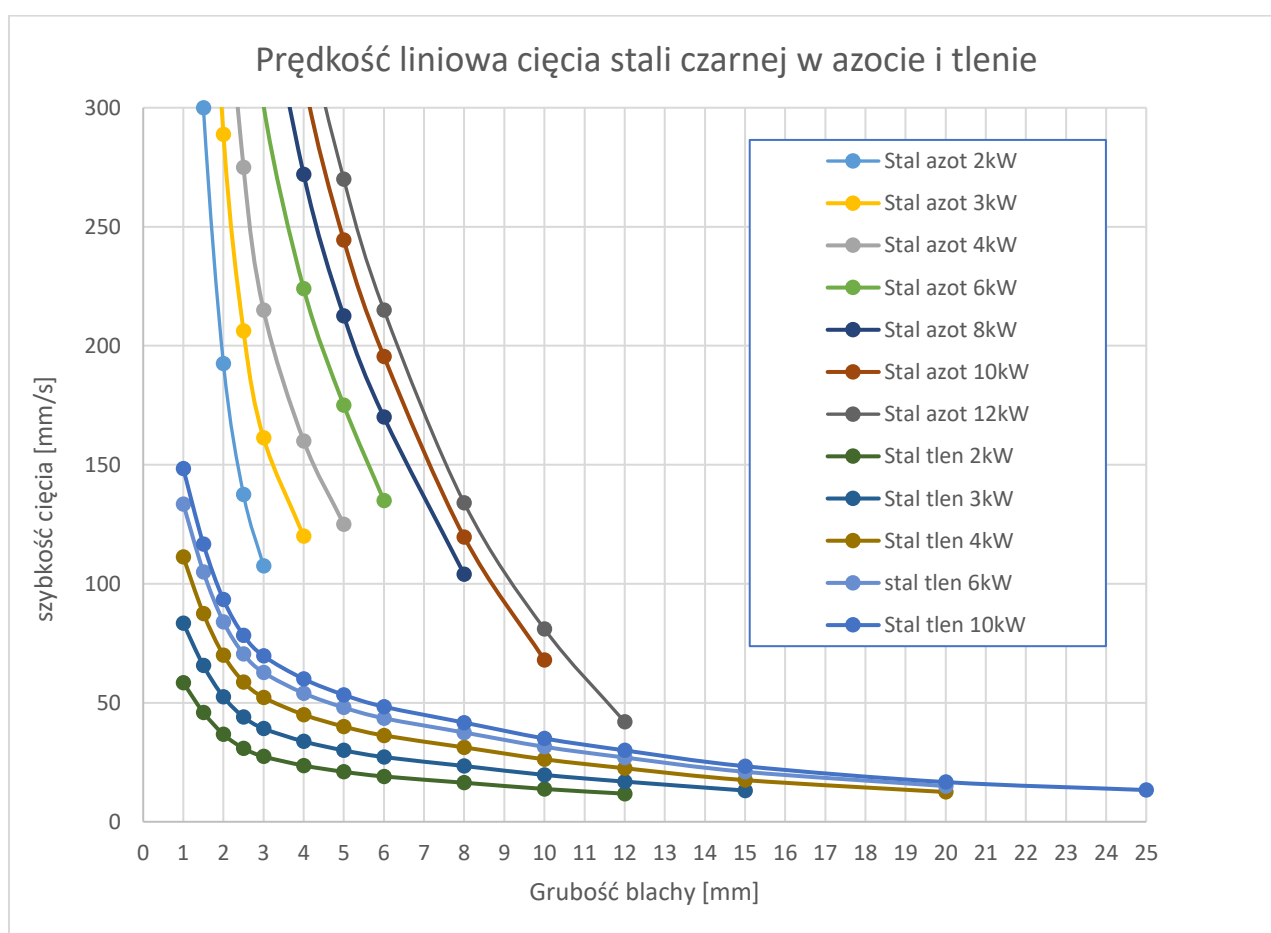
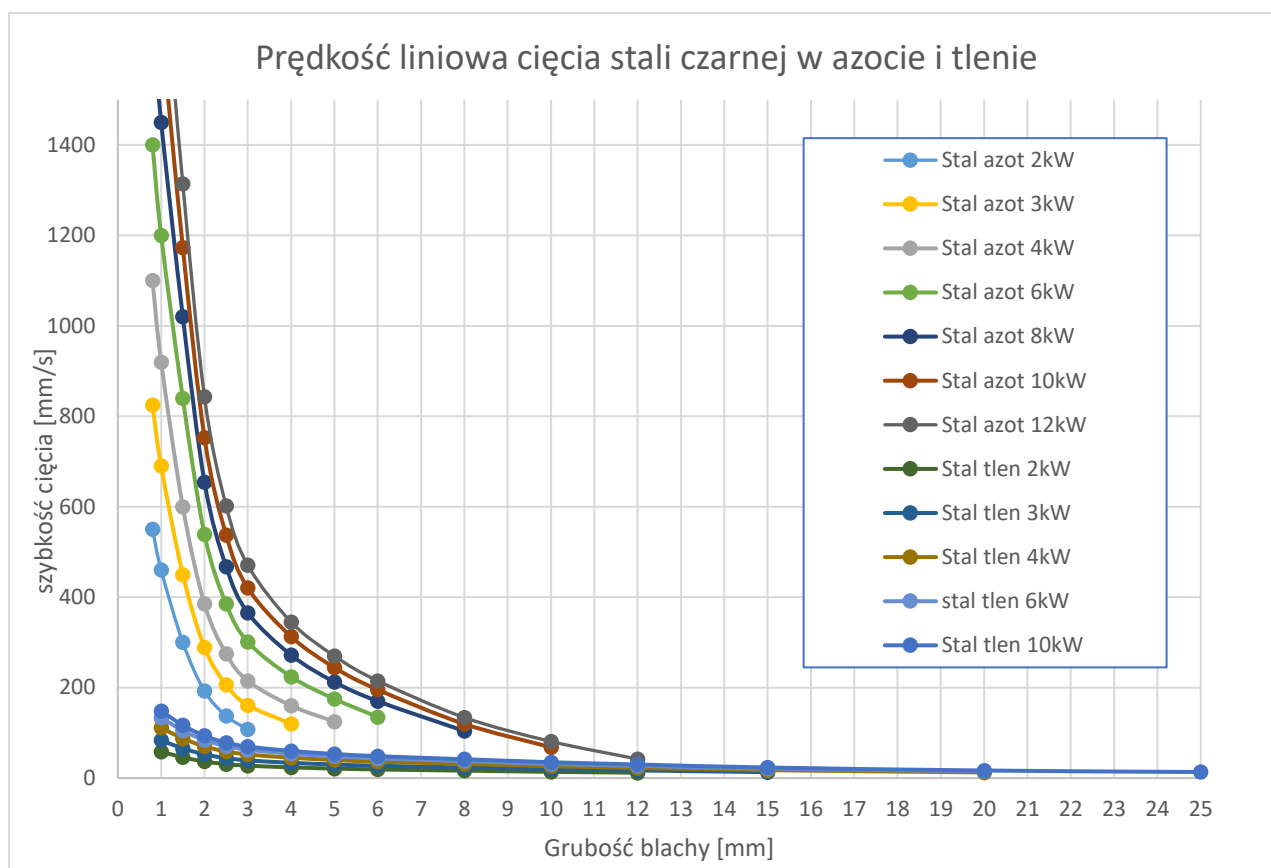
Szybki rozwój tej technologii sprawił, że moce zaczęły być liczone w kilowatach, ale zwiększanie mocy nie przekłada się liniowo na zwiększanie wydajności i grubości cięcia.

Początkowo przy stosunkowo niewielkich mocach rzędu 1-2kW maksymalna grubość cięcia wzrasta proporcjonalnie ale powyżej 2kW wzrost zaczyna się załamywać i dalsze zwiększanie mocy powoduje coraz mniejsze przyrosty grubości cięcia.

Należy podkreślić, że nie możemy traktować grubości cięcia w odniesieniu do mocy w sposób ścisły. Czym innym są badania laboratoryjne w optymalnych warunkach, a czym innym cięcie różnorodnych blach w warunkach przemysłowych. Dlatego wybierając źródło lasera nigdy nie powinniśmy robić bez pewnego zapasu mocy.

Zapasy mocy wpływa na szerokość okna procesowego czyli zakresu poszczególnych parametrów dla których jakość cięcia jest akceptowalna. Im mniejszy zapas mocy tym trudniej dobrać właściwe parametry i ciąć materiały gorszej jakości. Cięcie metali kolorowych, stali nierdzewnych, aluminium, tytanu czy cienkich blach czarnych odbywa się z udziałem azotu, natomiast grubsze stale czarne cięte są z użyciem tlenu.

Ze względu na to, że przy cięciu w tlenie powstaje znacznie szersza szczelina niż przy azocie prędkość cięcia jest wielokrotnie niższa. Dlatego jeśli jest to możliwe ze względu na dostępną moc, stal czarną znacznie wydajniej i taniej tną się z użyciem azotu.



Jak pokazano na powyższych wykresach przewaga w szybkości cięcia azotem przy cieńszych blachach jest ogromna i sięga nawet pięciokrotności szybkości cięcia w tlenie przy tej samej mocy lasera. Przy grubszych blachach ta dysproporcja nieco spada ale i tak jest wielokrotna. Należy zauważyć, że przy cięciu azotem zużywane jest więcej gazu ze względu na wyższe ciśnienia lecz niższy koszt azotu oraz znacznie większa wydajność cięcia kompensuje to z nawiązką.

Z przedstawionych danych wynika również maksymalna grubość cięcia w zależności od mocy lasera. Co prawda np. laser 3kW umożliwia wycięcie blachy o grubości 15mm, ale maksymalna grubość cięcia azotem to 4mm. Jeśli zwiększymy moc dwukrotnie do 6kW wówczas granicę cięcia w azocie przesuniemy do 6mm, co spowoduje, że tę grubość będziemy cięli z prędkością 6 razy wyższą niż na laserze 3kW.

Powyższy przykład sugeruje, że zwiększanie mocy jest niezwykle opłacalne i powinno się inwestować w jak największe moce laserów. Jednak zanim podejmie się decyzję o wyborze mocy źródła trzeba nieco szerzej spojrzeć na wydajność całego procesu cięcia laserem.

## Wydajność pracy wycinarki laserowej

Dynamika maszyny to właściwość, która definiuje zmiany prędkości posuwu w zależności od kształtów po których się porusza. Wpływ na to mają zadana prędkość, przyspieszenie i zryw.

Prędkość cięcia ograniczona jest rodzajem i grubością blachy, mocą lasera, długością i wysokością ogniskowej, ciśnieniem gazu oraz, średnicą i odległością dyszy od materiału. Prędkość ruchu głowicy jest natomiast ograniczona kształtem ścieżki po której się porusza i wynika głównie z przyspieszeń liniowych i odśrodkowych działających na łukach. W zależności od rodzaju i grubości blach ograniczenia szybkości cięcia i ruchu głowicy w różnym stopniu decydują o całkowitej wydajności maszyny.

Przyspieszenie to czas jaki potrzebuje maszyna do rozpędzenia się do prędkości zadanej, ale czasem konieczne jest jego ograniczenie na łukach tak aby suma sił wynikająca z przyspieszenia liniowego i odśrodkowego nie przekroczyła siły wynikającej z mocy napędów.

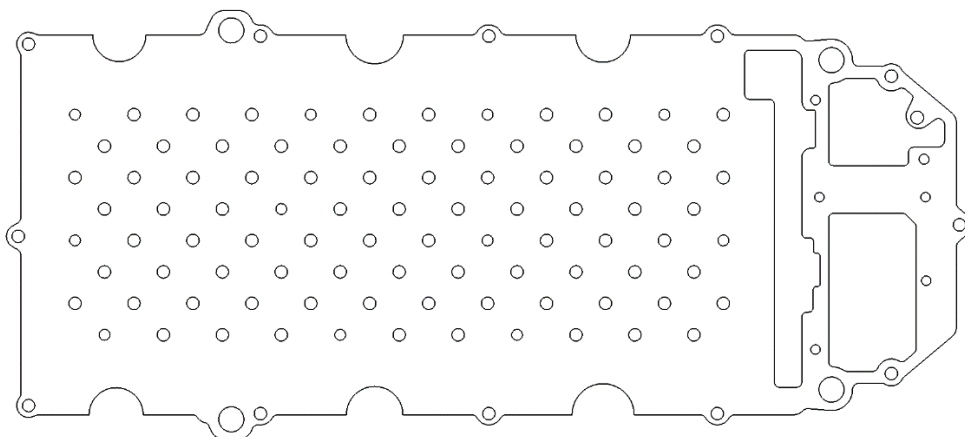
Zryw to z kolei szybkość z jaką narasta przyspieszenie i jest ograniczony głównie sztywnością maszyny oraz mechanizmów przeniesienia napędu ponieważ brak ograniczenia zrywu powodował by nagłe szarpnięcia i brak płynności ruchu. Jednak zastosowanie dużego ograniczenia zrywu może spowodować, że zadane przyspieszenie nigdy nie zostanie osiągnięte, a wydajność maszyny znacząco spadnie.

Przyspieszenie jest kluczowe dla wydajności cięcia cienkich blach ponieważ prędkość cięcia wynikająca z mocy lasera może być tak duża, że odcinki z których składają się kształty części są zbyt krótkie aby tę

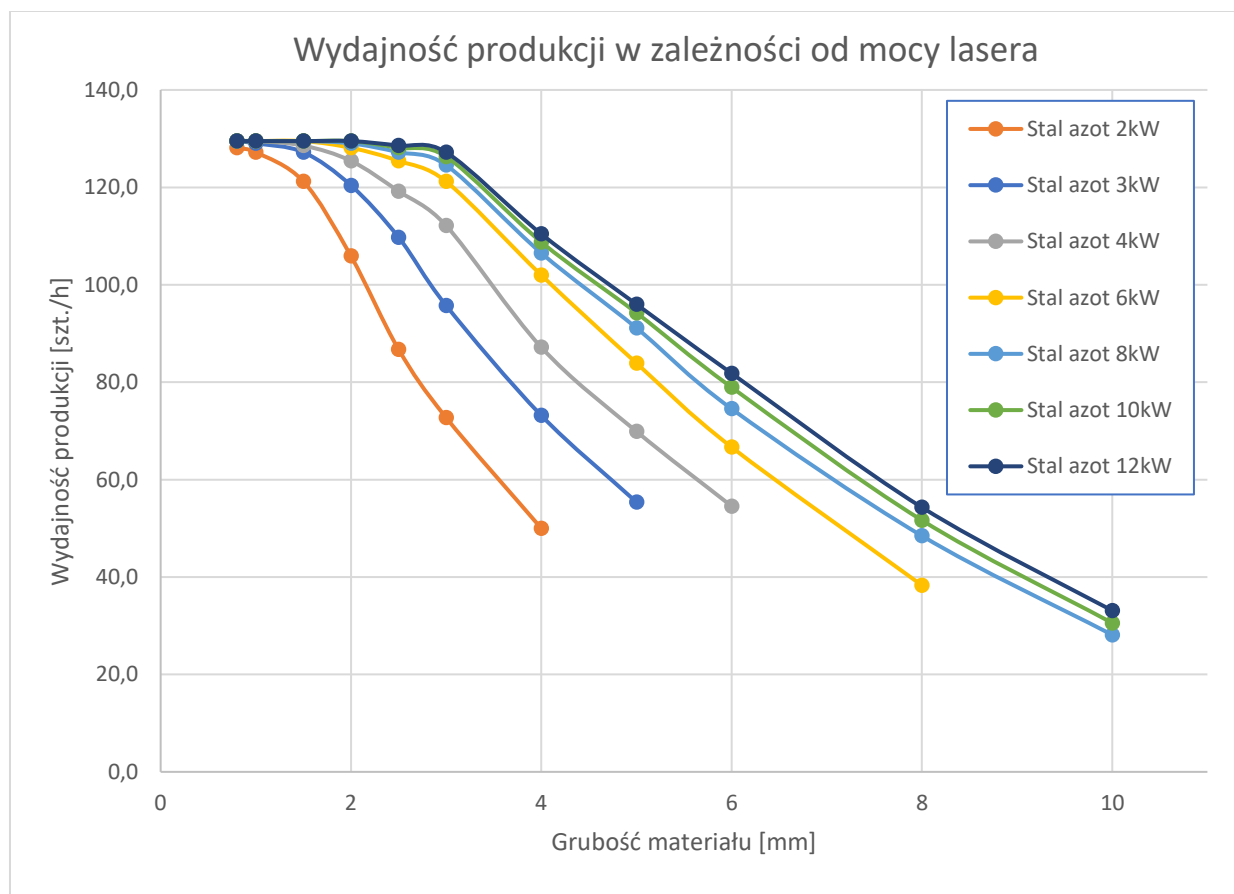


prędkość można było osiągnąć. Przy niewielkich detalach często może dojść do sytuacji w których średnia prędkość cięcia jest tylko ułamkiem tej prędkości.

Oznacza to, że przy wycinaniu takich blach głównym czynnikiem ograniczającym wydajność jest dynamika, a moc lasera jest sprawą drugorzędną. Przy grubszych blachach problem ten nie jest aż tak widoczny gdyż prędkości cięcia nie są tak duże i dystans rozpędzania jest stosunkowo krótki.



Przeanalizujemy wydajność wycinania przykładowego detalu o wielkości długości 420x180mm przedstawionego na rysunku w zależności od grubości blachy oraz mocy lasera.



Przy grubości blachy 0.8mm moc źródła niemal nie ma znaczenia, ponieważ przy tak cienkich blachach maszyna porusza się po stosunkowo krótkich odcinkach i przy danej dynamice nie może się rozpędzić do możliwej szybkości cięcia.

Przy blachach powyżej 2mm różnice zaczynają być widoczne ale nie są one drastyczne. Przy 4mm moc zaczyna mieć istotne znaczenie ale największe różnice w wydajności dotyczą mocy do 6kW.

Dalsze zwiększanie mocy co prawda zwiększa wydajność ale już w minimalnym stopniu. Dzieje się tak ponieważ po przekroczeniu grubości 4mm laser nie może już stosować przbijania w locie i musi przy każdym przebicciu zatrzymać się, przebić przez materiał, w zależności od grubości w czasie 30-600ms i dopiero rozpocząć wycinanie konturu. Przy grubych elementach o dużej liczbie otworów może dojść do sytuacji w której sumaryczny czas przebijania będzie większy od czasu cięcia. Właśnie czasy przebijania są między innymi powodem załamania się na wykresie wydajności powyżej 3mm.

Okazuje się zatem, że porównując liniową szybkość cięcia lasera 6 i 12kW widzimy przyrost nawet o 80%, ale po analizie czasów cięcia przykładowego detalu uwzględniając czasy przebiccia oraz ograniczenia wynikające z dynamiki maszyny różnice te nie przekraczają 10%. Należy zauważyć, że wydajności cięcia podane na wykresie dotyczą tego konkretnego przykładowego detalu i będą się nieco zmieniały w zależności od kształtów czy ilości otworów.

Analiza pod kątem różnic w wydajności cięcia przy mocach 6 i 12kW grubych blach w tlenie wykazuje, że powyżej 6kW praktycznie nie zwiększa się wydajność cięcia wynikająca z szybkości posuwu. Można spodziewać się niewielkiego przyrostu wydajności ze względu na nieco szybsze przebijanie przy większych mocach ale całkowita wydajność wycinania przy przejściu z 6 na 12kW nie wzrasta więcej niż o 15%.

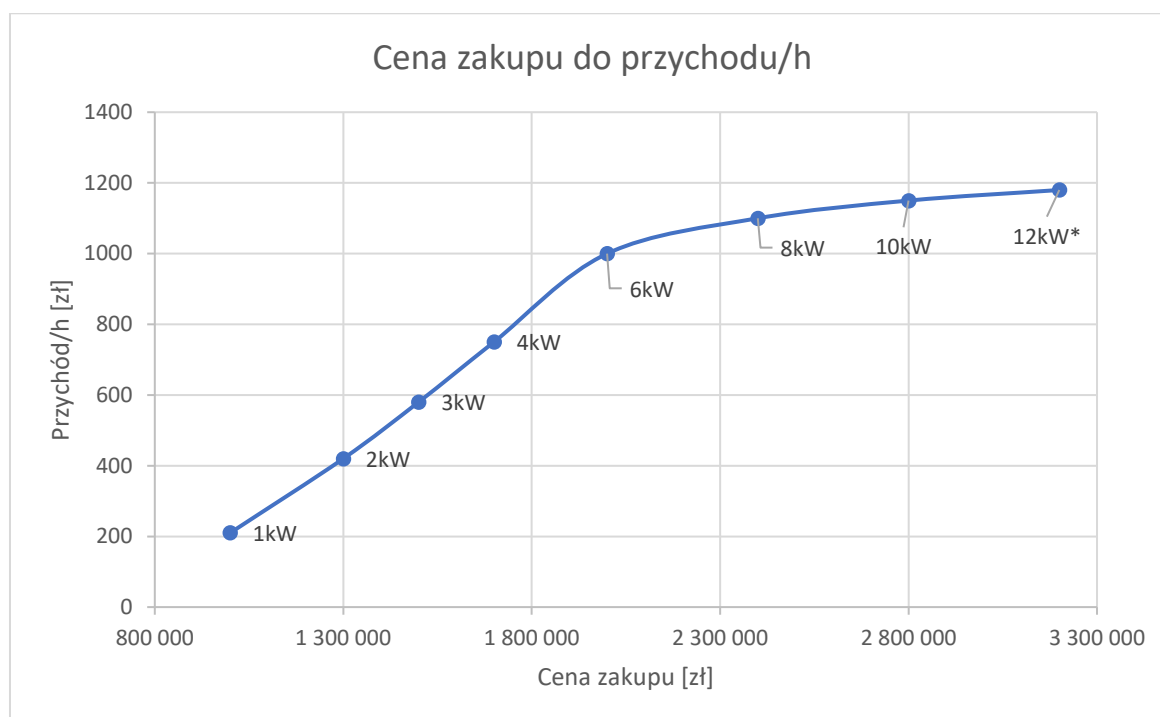
Podsumowując to porównanie należy stwierdzić, że istotna różnica w wydajności będzie widoczna wyłącznie przy grubościach dla których dana moc pozwala na cięcie w azocie, a mniejsza nie. Przykładowo laser 6kW może ciąć w azocie blachy czarne do grubości 6mm, a laser 10kW do 10mm.

Wynika z tego że wyraźna różnica w wydajności przy przejściu z 6 na 10kW będzie wyłącznie dla blach o grubości 8 i 10mm. Dlatego stosowanie większych mocy jest ekonomicznie uzasadnione w przypadkach gdzie użytkownik większość elementów wycina z tego zakresu grubości. Jeśli natomiast uśrednimy przyrost wydajności dla całego zakresu grubości blach wówczas nie przekracza on 10-15%. Przestoje to jeszcze jeden czynnik często niedostrzegany przy analizie wydajności wycinarki laserowej ponieważ laser nie tnie cały czas. Zmiana palet, czas uruchomienia programu, przejazdu głowicy w powietrzu, wymiana dysz, przerwy w pracy spowodowane czynnościami serwisowymi są niezależne od mocy źródła.

Analizując rzeczywisty czas cięcia okazuje się że waha się on w zakresie 60-90% czasu zmiany.

Należy zwrócić uwagę, że zwiększając wydajność cięcia nie skracamy przerw w cięciu, co powoduje, że w przeliczeniu na wydajność liczoną w ilości wyprodukowanych sztuk na zmianę przyrost wydajności produkcji będzie mniejszy od tego, który wynika ze zwiększenia mocy lasera.

Biorąc pod uwagę to, że moc źródła lasera bardzo mocno wpływa na cenę zakupu należy dokładnie przeanalizować korzyści i koszty z tego wynikające. Przykładowo laser o mocy 12kW kosztuje niemal tyle co 2 lasery o mocy 6kW, a jego średnia wydajność nie wzrośnie więcej niż 15%. Dlatego w większości przypadków zdecydowanie korzystniej jest zainwestować w 2 lasery 6kW ponieważ wówczas uzyskujemy 100% zwiększenia wydajności przy cięciu każdej blachy i każdego kształtu.

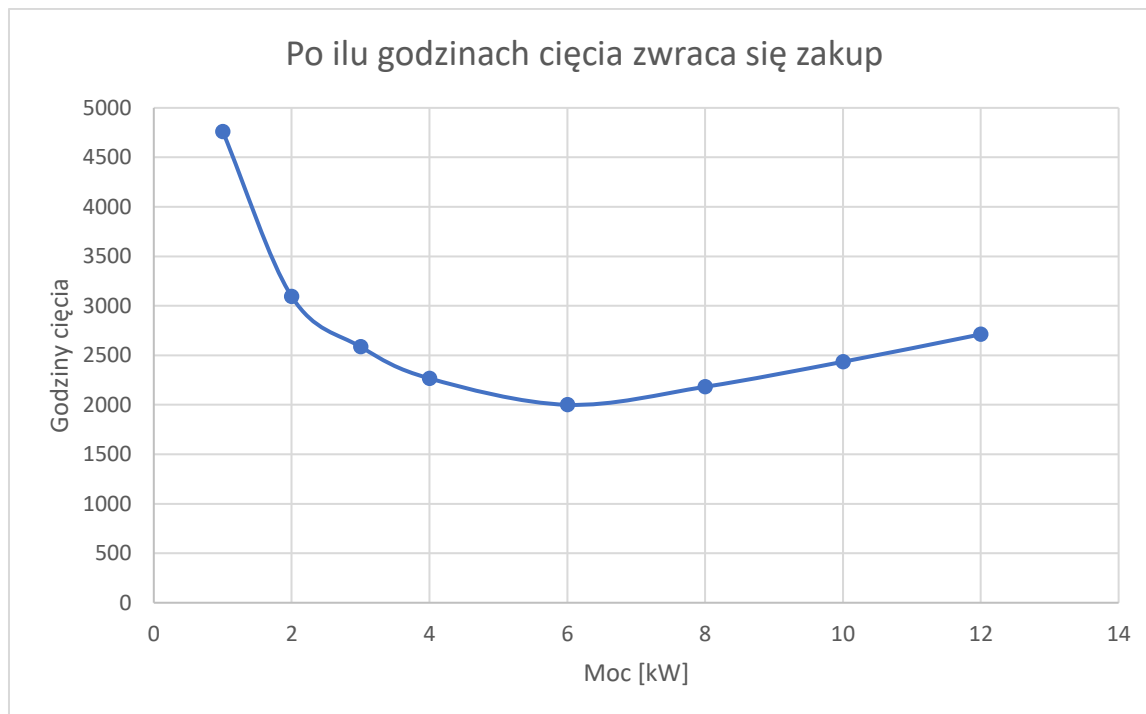


Na powyższym wykresie przedstawiono szacunkowe możliwości zarobkowania na laserach z różnymi mocami źródła na podstawie danych uzyskanych z firm świadczących usługi cięcia laserem w funkcji ceny zakupu wycinarki.

Zwiększając moc lasera początkowo przyrosty przychodów są bardzo duże w stosunku do wzrostu ceny zakupu, dlatego do celów usługowych nie kupuje się laserów z niskimi mocami. Należy przyjąć że minimalna moc zapewniająca rozsądną stopę zwrotu to 3kW. Jednak dalsze zwiększanie mocy powoduje dalszy przyrost dochodów i tak do 6kW przy których krzywa zaczyna się załamywać. Pomimo znacznego zwiększenia nakładów inwestycyjnych widzimy stosunkowo niewielki przyrost przychodów.

Na uwagę zasługuje fakt, że procentowy przyrost przychodu pomiędzy mocą 4 i 6kW jest większy niż pomiędzy 6 i 12kW.

Ogólną ocenę inwestycji można również przedstawić w postaci czasu po jakim zwraca się zakup lasera w zależności od mocy.



Przy niewielkich mocach zakup lasera wymaga ok 5000h cięcia usługowego aby inwestycja mogła się zwrócić. Jednak ze wzrostem mocy czas ten szybko się skraca i osiąga ekstremum przy 6kW. Jak wcześniej stwierdzono powyżej mocy 6kW przyrosty przychodów są niewielkie, a koszt inwestycji szybko rośnie co powoduje wydłużenie czasu zwrotu inwestycji.

## Do produkcji czy na usługi

Aby optymalnie dobrać moc źródła musimy także przeanalizować w jakim celu zamierzamy nabyć wycinarkę laserową. Innymi kryteriami należy się kierować przy zakupie do własnej produkcji, a innymi do celów usługowych.

Wyobraźmy sobie arkusz blachy do wycięcia który zawiera zastaw potrzebnych nam elementów. Zlecając wycięcie tego arkusza firmie usługowej zapłacimy np. 100zł. Jeśli kupimy laser i sami wytniemy ten arkusz to koszt wycięcia wyniesie przykładowo 5zł przy 2kW, 4zł przy 3kW i 3zł przy 4kW.

Jak widać różnica w koszcie wycięcia w przeliczeniu na arkusz pomiędzy mocą 2 a 4kW wynosi tylko 2zł więc różnica w cenie zakupu lasera szybko się nie zwróci.

Jednak spójrzmy na to z drugiej strony, jeśli zamierzmy wykonywać na nim usługi cięcia wówczas laserem o mocy 2kW wykonamy przykładowo 5 arkuszy na godzinę i uzyskamy przychód 500zł na godzinę. Przy 3kW wytniemy 7,5 arkusza co da nam 750zł/h, a mając 4kW wytniemy 10 arkuszy i zarobimy 1000zł/h. W tym przypadku widać, że zakup większej mocy daje nam nieporównywalnie większe możliwości.

## Koszty utrzymania lasera

Często zaniebywanym zagadnieniem dotyczącym zakupu w szczególności pierwszego lasera są koszty eksploatacyjne. Na koszty eksploatacyjne składają się koszty części, gazów i energii elektrycznej. Uśredniony koszt eksploatacyjny cięcia laserem fiber szacuje się w zakresie 30 do 70zł/h w zależności od mocy źródła oraz rodzaju gazu.

Fantastyczne opowieści związane z niskimi kosztami eksploatacyjnymi laserów fiber oczywiście mają swoje uzasadnienie w porównaniu z laserami CO2 ale nie należy tych kosztów ignorować. Elementy eksploatacyjne takie jak dysze, okna ochronne, izolatory ceramiczne wymieniane są przez operatora w ciągu minut.

Dysze wymienia się przy zmianie blachy ręcznie lub czasami można spotkać systemy automatycznej wymiany dysz. Ręczna wymiana nie jest uciążliwa i trwa zazwyczaj kilka sekund. Ceramiczny uchwyt dyszy w zasadzie się nie zużywa ale pełni rolę bezpiecznika, który w przypadku kolizji chroni głowicę przed poważniejszymi uszkodzeniami. Okno ochronne chroni soczewkę skupiającą i zapobiega przedostawaniu się gazu do górnej komory głowicy. Ruszt na którym leży materiał również zużywa się ale użytkownik wycina go samemu z blachy o grubości 2-3mm. Do elementów eksploatacyjnych wymienianych przez serwis producenta należą soczewki, złącze światłowodu czy osłony harmonijkowe, choć u niektórych producentów istnieje możliwość rozszerzenia gwarancji również na te elementy.

Częstotliwość wymiany optyki w znacznym stopniu zależy od mocy źródła ale ze względu na wiele dodatkowych czynników decydujących o ich żywotności nie można precyzyjnie jej określić. Na podstawie statystyk wymiany optyki można stwierdzić, że przy mocach do 2kW średnia żywotność przekracza 2 lata. Powyżej mocy 6kW żywotność szybko spada aby przy największych mocach osiągała wartości nie przekraczające kilku tygodni. Rozwijająca się technologia prowadzi oczywiście do wydłużania żywotności optyki i należy się spodziewać że czasy te będą się wydłużały.

## Głowica

Głowica lasera jest jednym z najważniejszych elementów wycinarki laserowej. Od niej zależy jakość cięcia, szybkość przebijania czy zakres grubości materiałów przy danej mocy źródła. Po pojawieniu się na rynku laserów światłowodowych pierwsze głowice pracujące w tej technologii były dość prymitywne, pozbawione automatyki czy zabezpieczeń.

Takie rozwiązania sprawdzały się przy mocach rzędu 2kW ale szybki rozwój źródeł światłowodowych narzucił nowe wymagania dla głowic laserów fiber. Okazało się, że przy rosnących mocach źródeł to głowica stała się najłabszym punktem całego systemu. Co prawda producenci starali się dostarczać głowice o większych mocach ale brak wypracowanych standardów w tej branży powodował wiele niedogodności i niepotrzebnych kosztów.

Przykładem niech będzie proces zużywania się elementów optycznych, który początkowo był nieprzewidywalny ponieważ dopóki nie nastąpiło katastrofalne uszkodzenie soczewki operator lasera nie wiedział, że dzieje się coś złego. Przegrzewająca się soczewka skupiająca może zostać nagrzana do tego stopnia, że jej powierzchnia ulegnie stopieniu. Stopione szkło z którego wykonana jest soczewka paruje i skroplony materiał osiada na sąsiadującej soczewce kolimatora również powodując jej uszkodzenie. Uszkodzona soczewka kolimatora parując może uszkodzić kwarcową końcówkę złącza światłowodu i tym sposobem operator, który nie zauważył pogorszenia cięcia i nie wyłączył maszyny na czas ma do wymiany całą optykę w głowicy.

W związku z powyższym nowe generacje głowic zostały wyposażone w pomiar temperatury soczewek, ale w sposób pośredni, mierząc temperaturę obudowy soczewki.

Szkło z którego wykonuje się soczewki ma stosunkowo małą przewodność cieplną i w przypadku przegrzewania się powierzchni soczewki musi minąć pewien czas zanim temperatura dotrze do obudowy soczewki powodując zadziałanie zabezpieczenia. Niestety często jest już za późno i kolejne elementy optyczne zdążą się już uszkodzić.

Firma Kimla opracowała bezdotykową metodę pomiaru temperatury powierzchni soczewek bazującą na matrycach mikrobolometrycznych, która pozwala na monitorowanie temperatury bezpośrednio w miejscu gdzie ona powstaje i tym samym możliwe jest natychmiastowe zatrzymanie pracy maszyny w przypadku przekroczenia temperatury alarmowej.

System pomiaru odległości dyszy od materiału dba o to aby niezależnie od grubości i pofalowania blachy odległość dyszy od materiału nie zmieniała się. Głowica musi zatem podążać za nierównościami powierzchni materiału i robić to z odpowiednio dużą prędkością aby nadążać za zmianami wysokości nawet przy najszybszych ruchach roboczych. Pomiar wykonywany jest metodą pojemnościową poprzez pomiar częstotliwości generatora fal radiowych, która zmienia się w zależności od pojemności pomiędzy dyszą, a blachą.

Im dysza jest bliżej blachy tym pojemność jest większa i częstotliwość maleje. Na podstawie tej częstotliwości wyznaczana jest odległość, a następnie korygowana jest wysokość głowicy. W większości laserów pomiar odległości i korekcja wysokości odbywa się z częstotliwością 1kHz czyli 1000 razy na sekundę. Okazuje się jednak, że przy dużych prędkościach taka częstotliwość jest za niska.

Przykładowo przy szybkości ruchu głowicy na poziomie 1m/s korekta wysokości głowicy będzie wykonana tylko co 1mm. Dla uniknięcia kolizji kluczowe jest aby głowica mogła zareagować jak najszybciej.

Dlatego Kimla zaprojektowała układ pomiaru nowej generacji gdzie przy zastosowaniu procesorów sygnałowych DSP udało się zwiększyć częstotliwość pomiarów i korekcji wysokości głowicy do 20kHz. Dzięki temu system jest w stanie szybciej reagować i precyzyjniej regulować położenie głowicy.

Zakres pomiaru odległości od blachy jest bardzo istotny przy przebijaniu grubszych materiałów. Podczas przebijania iskry i stopiony materiał może wydobywać się z krateru z taką prędkością, że potrafi pokonać opór wynikający z pędu gazu i przedostać się do głowicy niszcząc okno ochronne. Dlatego przy przebijaniu grubych blach w szczególności ciętych tlenem należy odsunąć dyszę od materiału na wysokość nawet kilkunastu milimetrów. Jest to wysokość poza standardowym zakresem pracy regulatorów wysokości i przez to większość laserów przebija przy odległości nie przekraczającej 10mm co powoduje szybsze zużywanie się okien ochronnych.

System pomiarowy w laserach Kimla został zaprojektowany w taki sposób aby zakres pomiarowy wynosił 20mm co znacznie skraca czas przebicia oraz wydłuża czas życia optyki.

Jednak aby można było przebijać materiał z tak dużej odległości głowica musi mieć możliwość automatycznego obniżenia wysokości ogniskowej do powierzchni blachy. Dlatego warunkiem sprawnego i bezpiecznego przebijania grubych blach jest jeszcze odpowiedni zakres regulacji pozycji ogniska. Podczas przebijania głowica musi zostać podniesiona ale punkt skupienia powinien pozostawać na powierzchni materiału.

Okno ochronne oddziela część wysokociśnieniową i niskociśnieniową. Uszczelnienie okna wymaga kontroli i upewnienia się, że gaz nie przedostaje się do górnej części głowicy ponieważ w przeciwnym wypadku może dojść do uszkodzenia soczewek. Dlatego istotna jest możliwość pomiaru ciśnienia zarówno części wysokociśnieniowej, dla kontroli ciśnienia dyszy oraz niskociśnieniowej, dla kontroli ewentualnych przecieków. Równie istotna jest pewność, że do głowicy nie dostała się wraz z gazem wilgoć, lub nie rozszczelnił się układ chłodzenia.

Dla zapewnienia maksymalnej kontroli stanu głowicy firma Kimla zainstalowała w głowicy następujące czujniki:

- Temperatura górnego okna ochronnego
- Temperatura soczewki kolimatora
- Temperatura obudowy soczewki kolimatora
- Temperatura soczewki skupiającej
- Temperatura obudowy soczewki skupiającej
- Temperatura okna ochronnego
- Temperatura korpusu
- Temperatura kontrolera wysokości głowicy
- Ciśnienie na dyszy
- Ciśnienie w komorze soczewek
- Wilgotność w komorze soczewek
- Całkowita moc strat na głowicy
- Całkowita moc strat złącza światłowodu
- Odbicie promienia od materiału

Jedną z czynności obsługowych jakie wykonuje operator przy głowicy jest wymiana okna ochronnego. Jest to czynność stosunkowo prosta i szybka, ale można popełnić przy niej wiele błędów.

Podstawową zasadą jest aby nie pozostawiać otwartej komory okna ponieważ drobne zanieczyszczenia z powietrza mogą dostać się do wnętrza głowicy.

Należy również pamiętać aby nigdy nie obracać raz użytego okna górą do dołu oraz wymieniać okno nawet jeśli uszkodzenie będzie bardzo małe. Należy również pamiętać aby przed założeniem okna sprawdzić teflonowe uszczelnienie okna, ponieważ nawet niewielka nieszczelność może uniemożliwić pracę.

Aby zwiększyć bezpieczeństwo wymiany okna firma Kimla ponad oknem ochronny zastosowała kolejne okno ochronne aby nieuwaga lub błąd operatora nie skutkował poważnymi uszkodzeniami optyki.



## Jak kupować laser

Klient chcący zainwestować w laser, szczególnie pierwszy, powinien dobrze się do tego przygotować ponieważ są to jedne z najdroższych maszyn CNC i nie można sobie pozwolić na ryzyko podjęcia błędnej decyzji.

Należy zacząć od nauki zagadnień związanych z laserami i ich praktycznym użytkowaniem. Jest to dość czasochłonne zajęcie, ale często potrafi uchronić inwestora przed wyrzuceniem milionów złotych. Poniżej przedstawiono zestaw rad i sugestii na co należy zwrócić uwagę i o co pytać potencjalnego sprzedawcę zanim podejmiemy decyzję o zakupie konkretnej maszyny.

Podczas zdobywania wiedzy o laserach często odwiedzamy różnych dostawców lub kontaktujemy się z nimi telefonicznie. Dociera do nas bardzo wiele informacji ale są to wyłącznie ulotne słowa na podstawie których układamy sobie obraz rynku wycinarek laserowych.

Często sprzedawcy w swoich wypowiedziach koloryzują rzeczywistość, a nawet podają nieprawdziwe dane dlatego o ile to możliwe powinniśmy prowadzić korespondencję mailową, co powoduje, że sprzedawca dwa razy zastanowi się co napisać zanim poda na przykład nierealne grubości cięcia czy wartości parametrów niemożliwe do osiągnięcia.

Ponadto do maila można wrócić aby odświeżyć sobie zdobytą wiedzę oraz sięgnąć do niego na dowód, że sprzedawca zapewniał o właściwości, której nie ma sprzedana maszyna w przypadku konfliktu i konieczności rozstrzygnięcia sporu przez sąd.

Ogólnie wszystkie wycinarki laserowe oferowane na rynku można podzielić na maszyny solidne i maszyny o nieco niższej jakości. Nie zawsze łatwo od razu jest odpowiedzieć do której grupy powinniśmy zaliczyć daną maszynę tym bardziej, że solidność maszyny nie zawsze oznacza dużą wydajność, a duża wydajność nie gwarantuje solidności.

Oczywiście można bezpiecznie założyć, że lasery o dobrze znanych nazwach zadziałają i będą w stanie wykonywać swoją pracę. Niekoniecznie szybko i niekoniecznie tanio ale wytną to co mają wyciąć. Trzeba tylko pamiętać, że wielkie firmy mają wielkie koszty i muszą dużo zarabiać aby je pokryć. Zwiększanie cen nie wchodzi w grę na konkurencyjnym rynku dlatego pozostaje zarabianie na serwisie.

Czy ktoś zastanawiał się dlaczego jedna firma okno ochronne oferuje za 40 EUR, a druga za 200 EUR? Są zrobione z tego samego szkła, mają te same pokrycia antyrefleksyjne i można nawet są wykonywane w tej samej fabryce. Okazuje się że to droższe ma np. fazę, której kształt został zastrzeżony w Urzędzie Patentowym i nikt nie może produkować zamienników.

Innym przykładem działań, które ewidentnie nie służą poprawie jakości czy funkcjonalności lecz zapewniają stały dopływ pieniędzy to oprogramowanie, które sprawdza numery seryjne poszczególnych komponentów systemu sterowania i jeśli numer jest spoza listy, którą kupił producent lasera to element ten nie zadziała. Wówczas okazuje się, że konkretny podzespół znanego producenta

automatyki na wolnym rynku kosztuje np. 4.000 EUR, ale zadziała tylko ten od producenta lasera z konkretnym numerem seryjnym tyle tylko, że trzeba za niego zapłacić 14.000EUR.

Co prawda producent myśli, że jak ktoś kupi laser za 500.000 EUR to różnica 10.000 EUR będzie dla niego nieistotna, jednak przez właśnie takie niespodzianki wielu przedsiębiorców ucieka od dużych i znanych marek.

Podobnie wygląda sprawa z marżami na usługach zewnętrznych. Jeśli źródło ulegnie awarii użytkownik musi skontaktować się z dostawcą, dostawca nie naprawi źródła tylko zleci serwis producentowi źródła. Producent maszyny w tej sytuacji może zażądać właściwie dowolnej kwoty za naprawę i nie jest niczym dziwnym gdy za tą samą naprawę źródła w jednej firmie trzeba zapłacić kwotę nawet 3 razy wyższą niż w drugiej. Dlatego zawsze przed zakupem lasera należy zapytać o cennik serwisowy oraz ceny głównych komponentów maszyny takie jak głowice czy moduły laserowe.

Firma Kimla od wielu lat stosuje zasadę nie zarabiania na usługach serwisowych. Oczywiście, serwis jest odpłatny ale cena serwisu pokrywa koszty jego funkcjonowania nie generując dochodu. Dzięki takiemu podejściu często dochodzi do sytuacji gdzie naprawa porównywalnej usterki jest wielokrotnie tańsza.

Duże firmy mają skomplikowany proces decyzyjny, a działy badawczo rozwojowe rozsiane po całym świecie, dlatego nowe produkty rozwijane są stosunkowo wolno i tak zaawansowana maszyna jak wycinarka laserowa od momentu rozpoczęcia projektu do pojawienia się na rynku potrzebuje nawet 10 lat. Jest to czas, w którym wiele technologii zmienia się i nowa maszyna jest przestarzała w momencie premiery.

Przykładem są tu duzi producenci laserów, którzy wciąż stosują napędy zębate, chociaż z technologicznego punktu widzenia jest to jak parowóz na kolei.

Z drugiej strony maszyny azjatyckie czy z poza Unii Europejskiej kuszą niską ceną ale jak wiemy „prawie robi wielką różnicę”.

Zatem jak ocenić maszynę?

Należy odpowiedzieć na poniższe pytania, sprawdzić i samemu zdecydować czy na większość z nich jesteśmy w stanie odpowiedzieć twierdząco.

Czy:

- laser jest wyprodukowany w EU i ma serwis producenta w Polsce?
- ma źródło wyprodukowane jest w EU i ma serwis producenta w Polsce?
- ma głowicę wyprodukowaną w EU, która ma serwis producenta w Polsce?
- ma system sterowania wyprodukowany w EU, który ma serwis producenta w Polsce?
- dostawca prowadzi działalność w Polsce ponad 10 lat?

- dostawca ma w Polsce showroom z laserami?
- dostawca ma magazyn części w Polsce?
- dostawca ma klientów w Polsce posiadających kilka jego laserów?
- posiada deklarację zgodności wystawioną przez podmiot z EU?
- system sterowania ma interpolator sprzętowy?
- laser można zainstalować bez fundamentowania?
- ma całościową zabudowę z certyfikowanymi filtrami podczerwieni?
- ma oprogramowanie CAD/CAM tworzone przez producenta lasera?
- ma napędy liniowe magnetyczne we wszystkich osiach?
- Czy na maszynę jest rękojmia (czy nie jest przypadkiem wyłączona w umowie sprzedaży)?
  - Jeśli jest wyłączona to będziemy mogli zwrócić maszyny dostawcy nawet jeśli maszyna będzie miała wadę?
- Czy dostawca jest sp. z o.o. czy działalnością gospodarczą osoby fizycznej?
  - Jeśli sp. z o.o. lub podobna to kiedy została założona, jaki ma kapitał i czy ma majątek.
  - Jeśli ma niski kapitał i nie ma majątku to w przypadku problemu nawet rękojmia nie pomoże w przypadku upadłości?
- Czy sprzedawcą jest firma zarejestrowana w Polsce, czy jest tylko pośrednikiem i zakup będzie realizowany bezpośrednio z kraju spoza Unii Europejskiej?
- Czy firma ma ubezpieczenie co najmniej na kwotę zakupu lasera?
  - Dobrze jest poprosić o kopię polisy.
- Czy dostawca ma sprzedane takie lasery w Polsce?
  - Jeśli nie to prawdopodobnie nie ma możliwości zapewnienia serwisu. Powinno się odwiedzić co najmniej 3 firmy użytkujące taki laser, najlepiej umówić się samemu i odwiedzić użytkownika bez sprzedawcy. Należy porozmawiać z operatorem gdyż właściciel często ma niewiele do powiedzenia o maszynie.
  - Proszę pamiętać, że sprzedawca nie wyśle nigdy klienta do niezadowolonego użytkownika dlatego należy na własną rękę poszukać takiej maszyny i samemu postarać się o opinię.
- Jakiej firmy jest źródło?
  - Jeśli nie jest wyprodukowane w Europie nie warto ryzykować. Prawdopodobnie nie będzie serwisu takiego źródła w Europie nie mówiąc już o Polsce. Przy braku serwisu źródła w Europie narażamy się na duże problemy z transportem i koniecznością oclenia drogiego

urządzenia. W takim wypadku nawet naprawa gwarancyjna może oznaczać spore wydatki i miesiące przestoju.

- Jak realizowany jest serwis źródła?

Koniecznym jest to ma to organizować dostawca. I powinien wziąć za to odpowiedzialność ponieważ to on musi zdemontować światłowód przed naprawą i następnie podpiąć po naprawie. Jeśli zrobi to źle to on powinien być za to odpowiedzialny (konieczny zapis w umowie).

- Jaka będzie zainstalowana głowica?

Jeśli dalekowschodnia wówczas szanse na profesjonalny serwis w zasadzie nie występują.

- \* Jeśli uszkodzi się optyka to kto będzie naprawiał taką głowicę i czy ma do tego odpowiednie warunki i umiejętności?
- \* Czy dostawca ma głowice na zamianę?
- \* Jakie ma laboratorium do obsługi głowic?
- \* Jakie ma doświadczenie w ich wymianie i czy bierze odpowiedzialność za skutki niewłaściwej wymiany?

Nigdy nie należy kupować lasera od firmy, która nie ma lasera demonstracyjnego. Jeśli sprzedawca pokazuje tylko maszyny w katalogu to znaczy, że nie będzie miał pojęcia o obsłudze serwisowej maszyny ani o źródle części zamiennych. W przypadku problemu nie będzie miał z czym porównać albo skąd wziąć podzespołów.

Należy koniecznie odwiedzić firmę, od której zamierza się kupić laser. Nie powinno się zamawiać lasera tylko na podstawie wizyty przedstawiciela handlowego dostawcy.

Należy samemu ocenić czy dana firma ma odpowiedni potencjał do sprzedaży takich maszyn.

- Czy laser ma obudowę i certyfikowane filtry podczerwieni?

Jeśli nie to nie wolno używać takiego lasera w Europie.

- Czy laser ma CE i czy firma certyfikująca jest z Europy?

Jeśli nie, to może oznaczać, że deklaracja zgodności C E może być nic nieznaczącą kartką papieru.

Należy pamiętać, że za CE jest odpowiedzialny importer, dlatego polski importer musi wystawić deklarację CE. Taki importer najczęściej nie ma możliwości wykonania certyfikacji we własnym zakresie więc musi taką certyfikację zlecić jednostce notyfikowanej. Poproś o pokazanie dokumentacji z procedury oceny ryzyka od jednostki certyfikującej. Bez CE nie wolni używać takiej maszyny.

## Gwarancja

Kupujący powinien być świadomy, że nie elementy eksploatacyjne oraz takie, których żywotności nie można przewidzieć nie są objęte gwarancją. Dlatego dla uniknięcia niespodzianek sprzedający powinien dostarczyć listę części, które nie podlegają gwarancji i jakie są ich ceny.

W umowie powinien być zapis, że wszystkie niewymienione w wyłączeniu z gwarancji części uważa się za objęte gwarancją.

Należy sprawdzić jakie są wymagania dotyczące przygotowania do instalacji i warunków posadowienia. Może się okazać że np. laser musi być zainstalowany na fundamencie, ale wynajmując lokal często nie można zniszczyć posadzki i wykonać fundamentu.

Zdarzają się sytuacje, że sprzedawcy w przypadku awarii odmawiają naprawy gwarancyjnej z powodu zainstalowania lasera bez fundamentu.

Kimla nie wymaga fundamentowania.

Należy również sprawdzić w jakiej temperaturze może laser pracować, w jakiej może być przechowywany lub czy nagłe wyłączenie zasilania nie uszkodzi maszyny.

Zdarza się, że dostawca odmawia naprawy gwarancyjnej z powodu nagłego wyłączenia zasilania lub użytkowania maszyny poza dozwoloną temperaturą.

## Możliwości lasera

W umowie powinien znaleźć się zapis jakie blachy laser ma ciąć. Dokładnie i konkretnie jakie gatunki blach i jakie grubości. Nie należy sugerować się tabelkami w katalogach ponieważ zazwyczaj są przy nich „gwiazdki”.

Również w ofertach podawane są często grubości cięcia ale dalej w opisie może się znajdować zapis: "Wszystkie parametry podane w niniejszej ofercie są wartościami orientacyjnymi i dostawca ich nie gwarantuje". Należy bardzo dokładnie czytać ofertę i umowę.

Czasami nie ma umowy i sprzedawca informuje, że sprzedaż odbywa się na Ogólnych Warunkach Sprzedaży. Koniecznie należy przeczytać i zachować treść tych warunków. Jeśli zapisy są

niezrozumiałe należy skonsultować je z prawnikiem. Umowę również najlepiej skonsultować z prawnikiem.

Podczas odbioru maszyny należy sprawdzić czy wszystkie obiecane blachy da się ciąć. Nie należy podpisywać protokołów odbioru dopóki operator lasera nie będzie w stanie samemu wyciąć wszystkich rodzajów blach. Będzie to również test na jakość szkolenia.

- Jakie będzie oprogramowanie do przygotowania ścieżki narzędzia i kto jest odpowiedzialny za napisanie postprocesora i czy wszystkie funkcje lasera są przez ten postprocesor obsługiwane? Tu często są wielkie niespodzianki.

Należy również ustalić zasady aktualizowania oprogramowania w przypadku wystąpienia błędów. Kto i na jakich zasadach będzie poprawiał program i postprocesor.

- Jaki jest system sterowania, nazwa, model, czy jest to profesjonalny system czy tylko programowy symulator i oczywiście czy jest przetłumaczony na język polski.

- Czy jest pełna polska instrukcja obsługi i instrukcja serwisowa.

- Jacy są producenci poszczególnych podzespołów. Serwonapędy, przekładnie, prowadnice, regulator ciśnienia, silniki, falowniki, elektrozawory, PLC

- Czy producent dostarcza z maszyną kopię oprogramowania systemu sterowania gdyby system został uszkodzony i wymagał wymiany bez oprogramowania producenta nie ma możliwości naprawy maszyny.

Trzeba również sprawdzić fizycznie zasoby części zamiennych u dostawcy.

Lasery to skomplikowana maszyna i aby móc liczyć na szybką pomoc w razie awarii, dostawca powinien posiadać na magazynie praktycznie wszystkie podzespoły, z których składa się maszyna. Koniecznie należy sprawdzić rzeczywistą wydajność lasera ponieważ różnice pomiędzy poszczególnymi wycinarkami mogą być nawet kilkukrotne.

Należy wysłać dostawcy przykładowe części w plikach .DXF do wycięcia z różnych grubości i gatunków blach. Powinni wyciąć i odesłać z podaniem czasów cięcia. Należy to zachować do porównania przy odbiorze.

Powinno się zaznaczyć w umowie, że przy odbiorze czasy wycięcia próbek będą weryfikowane.

Można też wysłać te same detale do wyceny innym usługodawcom w okolicy.

Najlepiej poprosić o rozbić ceny na materiał i koszt cięcia. Na podstawie czasu cięcia będzie można policzyć ile można wykonać takich części na godzinę i oszacować czy wycinanie na danej maszynie może być opłacalne.