

## **Imak narzędziowy tokarki do laserowego wspomaganie skrawania oraz układ wspomaganie skrawania w tokarce**

Przedmiotem wynalazku jest imak narzędziowy tokarki do laserowego  
5 wspomaganie skrawania oraz układ wspomaganie skrawania w tokarce znajdujące  
szczególne zastosowanie w produkcji mało-, średnio-, wielkoseryjnej oraz  
masowej produkcji komponentów i części dla przemysłu lotniczego.

W stanie techniki znane są metody obróbki materiałów trudnoskrawalnych  
opierające się na skrawaniu z jednoczesnym nagrzewaniem strefy materiału  
10 zlokalizowanego przed narzędziem skrawającym.

Opis patentowy US2012024827 jest jednym z przykładów. W rozwiązaniu  
tym układ dwóch współpracujących laserów (500 W Nd-Yag oraz 1,5 kW CO<sub>2</sub>)  
rozmieszczony jest wokół obrabianego przedmiotu. System laserowego  
wspomaganie został zintegrowany z tokarką w celu obróbki stali austenitycznej  
15 P550. Podczas obróbki następuje dostarczenie wiązki lasera na powierzchnię  
obrabianego przedmiotu, tworząc pożądany rozkład temperatury. Sekwencyjne  
nagrzewanie przyrostowe z różnych kierunków i pozycji wpływa na dłuższą  
żywołność narzędzia i krótszy czas obróbki.

W opisie US8847114 natomiast pokazano system mikro-frezowania ze  
20 wspomaganie laserowym. Metoda zapewnia możliwości skrawania  
trudnoskrawalnych materiałów jak np. ceramika, stopy żaroodporne czy  
kompozyty. Wiązka lasera o niskiej mocy jest skupiona w bardzo małym punkcie,  
co daje bardzo dużą gęstość mocy. Miejsce padania lasera znajduje się zaraz przed  
mikro-frezem i służy do wstępnego nagrzewania materiału przed obróbką  
25 mechaniczną. Nagrzewanie przeprowadzone w ten sposób zmękcza obrabiany  
materiał wpływając na zmniejszenie siły skrawania, polepszenie jakości  
powierzchni i wydłużenie żywotności narzędzia.

Kolejnym przykładem jest opis US4229640, w którym przedstawiono  
obróbkę skrawaniem ze wspomaganie laserowym, w celu lepszego  
30 odprowadzania wióra. Układ laserowy składa się z źródła laserowego, które

doprowadza wiązkę lasera na dwa odrębne obszary materiału obrabianego. Wiązka skupia się w miejscu zaraz przed krawędzią skrawającą narzędzia oraz w miejscu odkształcenia plastycznego materiału obrabianego, które sąsiaduje z czołową powierzchnią narzędzia. W przytoczonym patencie wiązka lasera służy  
35 do lokalnego nagrzania materiału i pomaga w odpowiednim odprowadzaniu wiórów podczas obróbki oraz zredukowaniu zużycia płytek skrawających.

Inny system wspomagania laserowego przedstawiono w US4459458. Zastosowano układ laserowy do powierzchniowego nagrzewania materiału przed obróbką skrawaniem. Wiązka lasera jest doprowadzana za pomocą zespołu  
40 kierującego wiązką do głowicy ogniskującej. Głowica lasera jest pozycjonowana przy zastosowaniu głowicy rewolwerowej maszyny. Dodatkowym elementem jest dysza spozycjonowana z laserem, która umożliwia naniesienie powłoki ochronnej na element przed nagrzewaniem. Głowica rewolwerowa jest tak ustawiona, aby utrzymać wiązkę lasera cały czas skupioną na przedmiocie. Wiązka lasera jest  
45 doprowadzana przez teleskopowe rurki ochronne składających się z refleksyjnych luster, co umożliwi kontrolę ruchu głowicy narzędziowej.

Znane jest również rozwiązanie US5859405, w którym przedstawiona została metoda i urządzenie do precyzyjnego toczenia na sucho i utwardzania powierzchni elementów ze stali bez odpuszczania. Nagrzewanie lokalne przy  
50 pomocy lasera prowadzi do utwardzenia powierzchni materiału. Laser zastosowany jest do lokalnego chwilowego nagrzewania obrabianego przedmiotu w obszarze bezpośrednio za nożem, aż do momentu zmiany temperatury za pomocą światłowodu zintegrowanego z narzędziem. Powierzchnia jest wówczas samoczynnie studzona, czego wynikiem jest utwardzenie powierzchni.  
55 Dodatkowo w momencie doprowadzenia wiązki laserowej do miejsca nagrzewania, rejestrowana i zapisywana jest temperatura powierzchni, dzięki temu możliwe jest dostosowanie mocy lasera do utrzymania pożądanej temperatury.

W opisie patentowym US6393687 przedstawiono maszynę do selektywnej  
60 obróbki elementów, w której budowie można wyróżnić wrzeciono napędzane

silnikiem, umożliwiające obróbkę oraz źródło lasera usytuowane w sposób zapewniający możliwość doprowadzenia wiązki lasera na powierzchnię materiału podczas skrawania. Układ cechuje się prostą konstrukcją bez konieczności wykonywania skomplikowanych operacji wymiany elementów. Układ  
65 prowadzący wiązkę lasera jest umieszczony na stole w taki sposób, aby możliwe było precyzyjne przesunięcie względem wrzeciona roboczego obrabiarki.

Opisane wyżej metody nie opisują kwestii przesyłu wiązki oraz gazu chłodzącego do strefy skrawania. W jednym z pierwszych znanych rozwiązań dotyczących obróbki wspomaganej laserowo opisanym w dokumencie  
70 US4229640 (A) zaproponowano zamocowanie, w okolicy noża tokarskiego, lustra odbijającego wiązkę i kierującego ją na przedmiot obrabiany. Jest to idea będącą bazą do wszystkich wynalazków dotyczących obróbki skrawaniem wspomaganej laserowo. W opisie wzoru użytkowego CN203418239 (U) opisano model przecinarki laserowej, opartej o łożo tokarki, wyposażoną w szafę i pulpit  
75 sterowniczy, wyposażoną w głowicę laserową tnącą materiały metalowe, połączoną z agregatem chłodniczym, chłodzącym laser, a także w odciąg dymu, jednak nie opisano konstrukcji pozwalającej na dostarczenie wiązki laserowej w obszar pracy przecinarki.

Z opisu patentowego CN104842072 (A) znany jest sposób połączenia  
80 tokarki z laserem, w sposób taki, iż laser wraz z głowicą laserową umieszczono na łożu tokarki na elementach ślizgowych, pozwalając na jego ruch osiowy wzdłuż łoża tokarki. Pozwala to na obróbkę laserową np. powierzchni wewnętrznych przedmiotu obrabianego, jednak nie przedstawia realnej propozycji konstrukcji pozwalającej na współpracę lasera i noża tokarskiego w obrębie jego strefy pracy.  
85 Ponadto nie rozwiązuje problemu współpracy lasera i tokarki, w przypadku, gdy laser stoi nieruchomo oddalony od tokarki. Dodatkowo, laser osadzony ślizgowo na łożu tokarki, zabiera przestrzeń roboczą na łożu tokarki i uniemożliwia zastosowanie konika tokarki. Wzór użytkowy CN203124960 (U) dotyczy maszyny do obróbki laserowej, wyposażonej w kolumnę teleskopową z  
90 zamocowaną głowicą laserową i stół, na którym umieszcza się przedmiot

95 obrabiany z możliwością wzajemnej zmiany położenia głowicy laserowej i przedmiotu obrabianego w różnych kierunkach. Nie ma możliwości stosowania metody laserowego wspomaganie skrawania gdyż maszyna nie jest wyposażona w narzędzie skrawające. Dodatkowo nie precyzuje możliwości stosowania laserów o dużej mocy, a więc i sposobu połączenia i przesyłania wiązki z rezonatora do lasera.

100 W CN203712075 (U) opisana jest maszyna służąca do realizacji procesów z wykorzystaniem lasera: hartowanie, napawanie, stopowanie. Stosuje się w nim generator wiązki laserowej umieszczony bezpośrednio nad stołem obróbczym, zamocowanym na kolumnie, którego pozycję można regulować. Ruch w pozostałych kierunkach odbywa się za pomocą stołu. Nie zastosowano w tym rozwiązaniu laserowe wspomaganie skrawania, maszyna nie jest także wyposażona w układ doprowadzania wiązki lasera z niezintegrowanego z maszyną lasera.

105 W innym jeszcze rozwiązaniu, opisany w CN103406665 (A) przedstawiono urządzenie do obróbki laserowej, składające się z dwóch zasadniczych części: pierwszej, którą jest stół poruszany w dwóch kierunkach w poziomie oraz drugiej, opartej o generator wiązki laserowej umieszczony na belce, powyżej ruchomego stołu. Wyposażony jest w zautomatyzowany system ogniskowania i pozycjonowania wiązki, a przesyłanie wiązki odbywa się z wykorzystaniem 110 ekspandera laserowego i luster. Nie ma zastosowania w obróbce skrawaniem wspomaganą laserowo, ani nie można nagrzewać na tym urządzeniu przedmiotów obrotowych. Laser zamocowany jest bezpośrednio na urządzeniu.

115 Znane w stanie techniki rozwiązania potwierdzają, że możliwe jest doprowadzenie wiązki laserowej do obszaru pracy lasera, jednakże odbywa się to poprzez bezpośrednie zamocowanie generatora wiązki laserowej nad maszyną, co wyklucza stosowanie laserów dużej mocy, które mają bardzo duże wymiary gabarytowe, a urządzenia te, są sterowane numerycznie lub zautomatyzowane. Znane są rozwiązania z zastosowaniem technologii światłowodowej, jednak 120 podwyższa to znacznie koszt inwestycji oraz stanowi problemy z luźno

opadającymi przewodami i ich małej odporności na uszkodzenia mechaniczne. Dotychczas znane konstrukcje urządzeń nie zaspokajają jednak potrzeby na szybkie i bardzo tanie rozwiązanie związane z doprowadzeniem wiązki lasera do obszaru skrawania w obrabiarkach konwencjonalnych.

125 Z kolei w literaturze znane są doniesienia, w których przedstawiono technikę laserowego wspomaganie obróbki skrawaniem, której celem było zmniejszenie zużycia energii i zapobieganie niepożądanym zmianom fazowym w obrabianym materiale. Przedstawiono technikę bezpośredniego wspomaganie laserowego, w której wiązka lasera prowadzona za pośrednictwem  
130 przezroczystego szafirowego narzędzia w kształcie półkuli (płytki skrawającej), doprowadzana jest na powierzchnię styku narzędzie-powierzchnia obrabiana.

Dodatkowo zastosowany kolimator odpowiednio skupia wiązkę lasera. Szafirowa płytka skrawająca ma znacznie większą twardość niż konwencjonalne narzędzia z węgla wolframu, a jej przezroczystość pozwala na bezpośrednie  
135 wprowadzenie wiązki lasera do strefy skrawania. Zastosowanie bezpośredniej techniki wspomaganie laserowego przyczyniło się do zmniejszenia sił skrawania powstających podczas toczenia oraz poprawy jakości powierzchni obrobionej.

Zastosowanie rozwiązania technologii LAM, gdzie wiązka lasera i gaz chłodzący doprowadzana są do materiału skrawanego poprzez zastosowanie  
140 zintegrowanego imaka zintegrowanego wpływa na poprawę wydajności procesu skrawania przy jednoczesnym wzroście jakości obrobionych części.

Istotą wynalazku jest imak narzędziowy do laserowego wspomaganie skrawania mocowany w suporcie tokarki. Imak zawiera układ optyczny wymiennych soczewek przesyłający za pomocą światłowodu wiązkę lasera z  
145 rezonatora w strefę skrawania. Jest wyposażony także w przewód układu chłodzenia strefy skrawania. Przewód ten dostarcza medium chłodzące z gazowego układu chłodzącego tokarki w celu obniżenia temperatury ostrza skrawającego.

Korzystnym wariantem jest kiedy układy optyczny lasera stanowią  
150 osadzona za przyłączem światłowodu soczewka kolimacyjna oraz współpracująca

z nią soczewka skupiająca.

Wyjątkowo korzystanie, gdy przewód układu chłodzenia strefy skrawania wyposażony jest na swoim zakończeniu w regulowaną dyszę wylotową umożliwiającą skierowanie strumienia na pytkę skrawającą niezależnie od  
155 konstrukcji samej płytki oraz oprawki narzędziowej.

Istota wynalazku jest również układ wspomagania skrawania tokarki który zwiera imak narzędziowy i dodatkowo wyposażony jest w niezależny przewód chłodzący, korzystnie zakończony ruchomą regulowaną kierunkową dyszą, służącą do ochłodzenia przedmiotu obrabianego lub elementu mocującego  
160 przedmiot. Tego typu dodatkowe chłodzenie przynosi dalsze korzyści w obróbce przedmiotu.

Idea konstrukcji imaka pozwala zrealizować przyłączenia światłowodu oraz zamocowanie specjalnych soczewek niezbędnych do realizacji procesu nagrzewania przedmiotu skrawanego. Obróbka (skrawanie) materiału obydwoma się  
165 za pomocą ogólnie dostępnych narzędzi skrawających bez konieczności ich modyfikacji.

Wynalazek stanowi rozwiązanie umożliwiające realizację laserowego wspomagania skrawania z równoczesnym zmniejszeniem negatywnego oddziaływania temperatury na układ obrabiarka-uchwyt-przedmiot-narzędzie.  
170 Zastosowanie medium w postaci gazu umożliwia stabilizację termiczną procesu dzięki czemu zmniejszony jest efekt cieplnego zużycia ostrza skrawającego oraz ograniczone są błędy wymiarowo-kształtowe wynikające ze zmian geometrycznych przedmiotu będące efektem zmiany temperatury.

Szeroko omawiany negatywny wpływ temperatury skrawania na trwałość  
175 ostrza jest niwelowany cieczami chłodzącymi. W przypadku wynalazku jest to gaz doprowadzany przez imak do strefy negatywnego oddziaływania temperatury. Zmniejszenie temperatury ostrza następuje w wyniku rozprężenia się obojętnego gazu. Dzięki zastosowaniu rozwiązania według wynalazku uzyskano następujące efekty technologiczno-ekonomiczne procesu skrawania:

180 • poprawę wydajności procesu toczenia stopów lotniczych, takich jak stopy

niklu czy stopy tytanu, poprzez zastosowanie laserowego wspomaganie skrawania (ang. laser assisted machinig – LAM),

- poprawę wydajności procesu LAM poprzez zastosowanie chłodzenia gazowego;
- 185 • zwiększenie trwałości (czasu skrawania) narzędzia,
- możliwość zastosowania większych wartości parametrów skrawania, takich jak prędkość skrawania czy prędkość posuwowa narzędzia,
- skrócenie czasu obróbki,
- polepszenie parametrów geometrycznych oraz jakości powierzchni
- 190 obrabianych materiałów,
- uproszczenie konstrukcji skomplikowanego układu laserowego wspomagającego obróbkę skrawaniem,
- możliwość wprowadzenia łatwej wymiany zużytej płytki skrawającej,
- obniżenie kosztów układu laserowego.

195 Wynalazek w przykładzie realizacji pokazano na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematyczne ustawienie elementów układu obróbczego w widoku z boku; a fig 2 schemat ustawienia elementów w imaku narzędziowym.

Imak narzędziowy 1 służy do równoczesnego przesyłania wiązki lasera 12 z rezonatora 3 oraz z gazowego układu chłodzącego 4 za pomocą przewodów 8 (z 200 przyłączem do imaka) i 14 (w imaku) strumienia gazu chłodzącego do strefy skrawania lub bezpośrednio w okolice przedmiotu obrabianego 9 .

Imak narzędziowy 1 zamocowany jest na suporcie 2 ogólnie dostępnych rozwiązań tokarki konwencjonalnej 6. Wspomaganie przez termiczne oddziaływanie wiązki lasera realizowane jest przez dostarczenie wiązki z 205 rezonatora 3 za pomocą światłowodu 7. W przykładowym wariacie realizacji przedmiotu obrabianego 11 chłodzenie odbywa się za pomocą dwóch przewodów doprowadzających medium do dwóch miejsc tj. w strefę skrawania i na skrawany przedmiot. Przewód 8 jest zakończony przyłączem do imaka 1. Drugi przewód 9 zakończony jest dyszą. Przepływ gazu w przewodach 8 i 9 odbywa się niezależnie

210 od siebie. Przewód chłodzenia gazowego 9 zastosowany jest w celu zmniejszenia  
temperatury przedmiotu obrabianego 11 i/lub stabilizacji wymiarowo-kształtowej.  
Zmiany te zachodzą w wyniku dekohezji materiału, nagrzewania laserowego i  
innych zjawisk fizyko-chemicznych procesu laserowego wspomaganie skrawania.

Układ chłodzący rezonator 10 jest niezależnym od układu chłodzącego gaz  
215 4. Elementy 3 i 10 stanowią zintegrowany system działający poza systemem  
sterowania obrabiarki.

Element obrabiany 11 zamocowany jest we wrzecionie 5. Oprawka  
narzędziowa 20 zamocowana jest w imaku narzędziowym 1 dowolnym systemem  
takim jak: śruby dociskowe, układ krzywkowy, układ klinowy lub inny. W  
220 oprawce 20 zamocowana jest płytką skrawająca 19 będąca ostrzem skrawającym.  
W przedstawionym przykładzie oprawka narzędziowa 20 oraz zamocowana w  
niej płytką skrawająca 19 są rozwiązaniami ogólnie dostępnymi w praktyce  
przemysłowej. Nie wymagane są modyfikacje tych elementów.

Wiązka laserowa 12 nagrzewa przedmiot obrabiany 11. W wyniku  
225 zamocowania światłowodu 7 poprzez przyłącze 18 do imaka 1 możliwe jest  
przesłanie wiązki z rezonatora lasera do przepuszczalnej soczewki 16 a  
ostatecznie na przedmiot obrabiany 11. Soczewka kolimacyjna 15 poprzez  
regulację odległości od soczewki 16 umożliwia regulację średnicy przesyłanej  
wiązki.

230 Kształt przepuszczalnej soczewki skupiającej 16 dobierany jest zależnie od  
geometrii płytki 19 oraz oprawki narzędziowej 20 tak aby możliwe było  
uzyskanie efektu wspomaganie laserowego skrawania. Skupiona wiązka laserowa  
nie może oddziaływać bezpośrednio po skupieniu na płytkę 19. Za efekt  
wspomaganie laserowego uważa się takie oddziaływanie termiczne wiązki lasera  
235 12 na materiał obrabiany 11 w wyniku czego zmieniają się właściwości materiału  
poprawiające warunki pracy płytki skrawającej 19 np. przez cieplne zmiękczenie  
lub zmiany mikrostruktury obrabianego materiału.

Zamocowana w tym samym imaku 1 dysza 17 umożliwia ukierunkowanie  
strumienia gazu 13 tak aby zmniejszał temperaturę na płytce skrawającej 19.

240 Możliwe jest doprowadzenie przewodu gazu chłodzącego 13 bezpośrednio od układu 4 do imaka bez dodatkowych przyłączy.

Należy zauważyć, że konstrukcja imaka 1 umożliwia wymianę soczewek 15 i 16 oraz dyszy 17 i przewodu 8 ze względu na potrzebę zmian geometrycznych tych elementów lub wymiany w wyniku bieżącej eksploatacji.

245