

Laserowe wspomaganie toczenia stopu Inconel 718

Laser assisted turning of Inconel 718 alloy

TADEUSZ CHWALCZUK
PAWEŁ LISIAK
PIOTR SIWAK
DAMIAN PRZESTACKI
PIOTR SZABLEWSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.276

Skrawano nadstop niklu Inconel 718 ze wspomaganie laserowym w trybie sekwencyjnym ostrzami z nanowęglików spiekanych WC-6Co. Nagrzewanie za pomocą lasera diodowego przeprowadzono przy zmiennych wartościach mocy P_{diode} , następnie skrawano ze zmiennymi wartościami posuwu f . Przeanalizowano wartości parametru chropowatości R_a i przeprowadzono optymalizację metodą powierzchni odpowiedzi. **SŁOWA KLUCZOWE:** toczenie, laserowe wspomaganie obróbki, Inconel 718, chropowatość powierzchni

Laser assisted turning of Inconel 718 was performed with WC-6Co nanograined cemented carbides inserts. Heated surface with various diode laser power P_{diode} was machined under different values of feed f . The analysis of surface roughness parameter R_a was conducted with surface response method optimization.

KEYWORDS: turning, laser assisted machining, Inconel 718, surface roughness

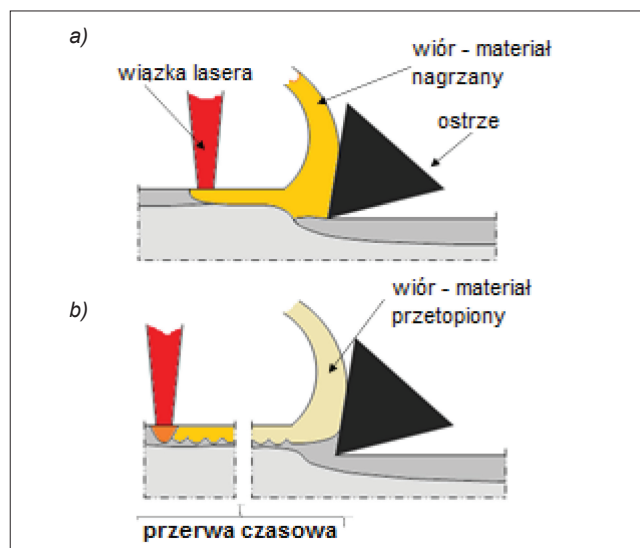
Techniki hybrydowe i wspomagające procesy obróbki skrawaniem umożliwiają w ostatnich latach coraz skuteczniejszą realizację wymagań technologicznych [1]. Wspomaganie mechaniczne [2] czy też przez dostarczanie dodatkowego strumienia ciepła [3] nie są już technologiami laboratoryjnymi i znajdują coraz więcej zastosowań przemysłowych. Dynamicznie rozwijające się laserowe wspomaganie toczenia wchodzi w kolejne fazy rozwojowe i staje przedmiotem analiz wpływu parametrów na efekty technologiczne i jakościowe.

Poprawa efektów technologicznych laserowego wspomaganie skrawania wiąże się z obszarem parametrów zmiennych technologicznych i geometrycznych występujących w procesie skrawania, technologicznych i geometrycznych nagrzewania laserowego oraz zmiennych geometrycznych określających relacje między miejscem padania wiązki a miejscem dekohezji materiału. Lepsze wskaźniki skrawalności można osiągnąć, stosując dwie odmiany kinematyczne procesu laserowego wspomaganie obróbki mechanicznej:

- przez cieplne zmiękczenie nagrzewanej warstwy skrawanej (rys. 1a),
- przez zmianę mikrostruktury warstwy wierzchniej materiału obrabianego (rys. 1b).

Poprawa wskaźników jakościowych bądź ilościowych procesu opisanego tak wieloma parametrami jest bardzo złożona. W zagadnieniach technicznych szczególną uwagę należy poświęcić metodzie Taguchi [4] oraz metodzie powierzchni odpowiedzi [5].

* Mgr inż. Tadeusz Chwalczuk (tadeusz.chwalczuk@put.poznan.pl), dr inż. Piotr Siwak (piotr.siwak@put.poznan.pl), dr inż. Damian Przystacki (damian.przystacki@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska; mgr inż. Paweł Lisiak (pawel.lisiak@pl.mahle.com) – MAHLE Polska Spółka z o.o.; dr inż. Piotr Szablewski (piotr.szablewski@pwk.com.pl) – Pratt & Whitney, Kalisz



Rys. 1. Realizacja skrawania wspomaganego laserowo przez: a) wspomaganie ciągłe, b) wspomaganie sekwencyjne

Metodyka badań

Przeprowadzone próby dotyczyły optymalizacji parametru R_a chropowatości powierzchni stopu Inconel 718 (AMS 5662) po nagrzewaniu i skrawaniu ostrzami z nanowęglików spiekanych (laserowym wspomaganie toczenia w trybie sekwencyjnym).

Nagrzewanie przeprowadzono za pomocą lasera TruDiode 3004 firmy Trumpf. Wiązkę skupiano na powierzchni obrabianego materiału, uzyskując przekrój kołowy o średnicy $d_f = 1$ mm. Posuw wiązki podczas nagrzewania $f_f = 0,2$ mm/obr. Skrawanie przeprowadzono na tokarce CTX 310 Ecoline firmy DMG Mori Seiki ze stałą prędkością wynoszącą $v_c = 35$ m/min oraz głębokością skrawania $a_p = 0,15$ mm. Zakres parametrów zmiennych przedstawiono w tablicy.

TABLICA. Wartości parametrów dla poszczególnych prób zgodnie z planem $3^{(k-p)}$; $k = 2$, $p = 0$

| Lp. | f mm/obr | P W |
|-----|-------------|--------|
| 1 | 0,025 | 800 |
| 2 | 0,050 | 1000 |
| 3 | 0,075 | 1000 |
| 4 | 0,075 | 1200 |
| 5 | 0,025 | 1000 |
| 6 | 0,075 | 800 |
| 7 | 0,050 | 1200 |
| 8 | 0,025 | 1200 |
| 9 | 0,050 | 800 |

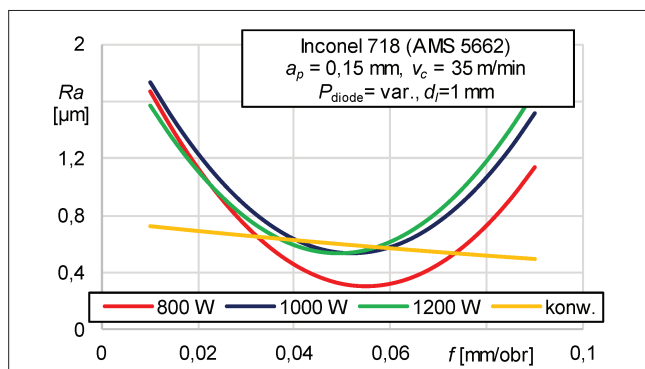
Badania zostały oparte na programie frakcyjnym trójwartościowym $3^{(k-p)}$. Opracowanie planu badań i analizę wyników poszczególnych prób przygotowano w oprogramowaniu Statistica 12.5.

Skrawano ostrzami z nanowęglików spiekanych metodą impulsowo-plazmową. Szczegółowe informacje dotyczące płytek zamieszczono w [6].

Chropowatość powierzchni rejestrowano na profilografometrze Hommel Tester T500 z końcówką pomiarową T5E, z oprogramowaniem Turbo Datawin-NT 1.34. Mierzono parametr chropowatości R_z według DIN na odcinku pomiarowym $L_t = 4,8$ mm po zastosowaniu filtra M1 według DIN4777.

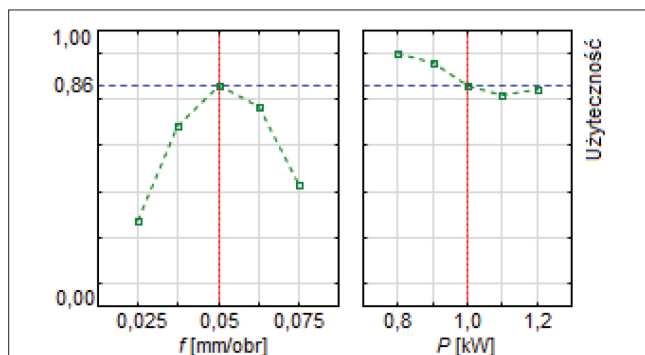
Wyniki badań

Przeprowadzono cztery pomiary parametru R_a na obwodzie toczzonej powierzchni. Wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej i uzyskano funkcję powierzchniową $R_a = f(f, P)$, której postać została przedstawiona za pomocą metody najmniejszych kwadratów. Na rys. 2 zamieszczono wyniki aproksymacji krzywych dla trzech wartości mocy. Krzywe obrazujące zmienność parametru R_a po toczeniu ze wspomaganie laserowym zestawiono z funkcją regresji po toczeniu konwencjonalnym (bez nagrzewania).



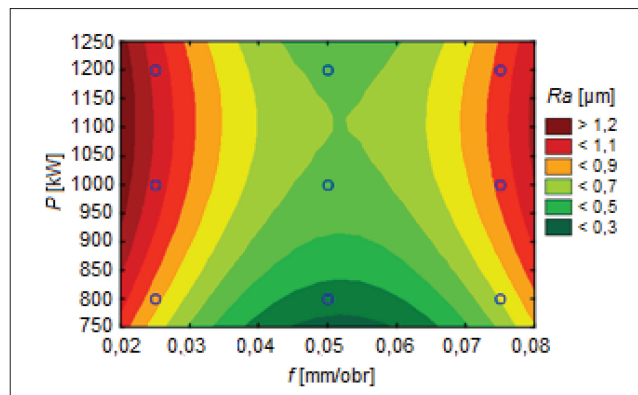
Rys. 2. Porównanie efektów toczenia wspomaganego laserowo i konwencjonalnego dla wybranych wartości mocy podczas nagrzewania. Krzywe wyznaczone po analizie powierzchni uzyskanej metodą najmniejszych kwadratów

Analiza rys. 2 pozwala na stwierdzenie, że w badanym zakresie parametrów istnieje obszar, dla którego wartość parametru R_a jest najmniejsza. Przedstawiono zakres wartości R_a (0,2; 2,0) zdefiniowanym zakresem użyteczności przyjmującym wartość z przedziału (1,0), gdzie liczba 1 odpowiada najmniejszej wartości parametru R_a . Użyteczność dla tak postawionego zagadnienia optymalizacyjnego przyjmuje maksymalną wartość 0,86 (optymalną) dla kombinacji $f = 0,5$ mm/obr oraz $P = 1,0$ kW.



Rys. 3. Krzywe użyteczności dla wielkości wyjściowych parametru chropowatości R_a w funkcji mocy lasera diodowego P i posuwu f

Powierzchnia odpowiedzi (rys. 4) to kolejny sposób na dobór parametrów procesu w zależności od założonej jakości powierzchni obrabianej wyrażonej parametrem R_a . Dla analizowanego zakresu zmienności f i P kształtują się dwa obszary, w których $R_a < 0,5$ μm . Wartości te są zależne od mocy lasera, a nie od wartości posuwu.



Rys. 4. Powierzchnie odpowiedzi dla wielkości wyjściowych parametru chropowatości R_a w funkcji mocy lasera diodowego P i posuwu f

Analiza wyników badań i podsumowanie

Przeprowadzono optymalizację parametru chropowatości R_a ze względu na parametry wejściowe, jakimi są moc lasera diodowego oraz posuw ostrza skrawającego podczas sekwencyjnego laserowego wspomaganie toczenia. Zauważono, że możliwa jest poprawa jakości powierzchni obrabianej R_a . Ze względu na zmiany mikrostruktury i relację tych zmian w stosunku do przyjętej głębokości skrawania, optymalne wartości ze względu na przyjęte kryterium uzyskano dla mocy 800 W i posuwu 0,5 mm/obr. Niewątpliwie wartość parametru chropowatości jest uzależniona w większym stopniu od parametru skrawania aniżeli od parametrów nagrzewania. W związku z tym podstawą do dalszej optymalizacji w procesie sekwencyjnym powinny być parametry skrawania.

Szczegółowa analiza procesu LAM ze względu na etap nagrzewania stanowi podstawę do dalszych analiz.

Prezentowane wyniki badań zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych nr 244445.

LITERATURA

- Oczóś K.E. „Hybrydowe procesy obróbki ubytkowej – istota, przykładowe procesy, wyzwania rozwojowe”. *Mechanik*. Nr 5-6 (2000): s. 315-324.
- Porzycki J., Wdowik R., Krupa K., Habrat W. „Zastosowanie centrum obróbkowego Ultrasonic 20 linear do badań procesów szlifowania ze wspomaganie ultradźwiękowym”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2012): s. 321-328, CD NSOŚ.
- Żak K., Grzesik W., Prażmowski M. „Investigation of sequential cryogenic hard turning and ball burnishing processes”. *Metallurgy*. 53, 4 (2014): pp. 521-525.
- Królczyk G., Metelski A., Maruda R., Legutko S. „Taguchi Design of Experiment in the Optimization of Tool Life in Turning Process of Duplex Stainless Steel DSS”. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 809-810 (2015): pp. 189-194.
- Markopoulos A.P., Habrat W., Galanis N.I., Karkalos N.E. „Modelling and optimization of machining with the use of statistical methods and soft computing”. *Design of Experiments in Production Engineering*. Springer International Publishing, 2015.
- Siwak P., Garbiec D., Chwalczuk T. „Badania właściwości technologicznych płytek skrawających z węglików spiekanych typu WC-6Co wytwarzanych metodą impulsowo-plazmową”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2015): s. 113-122, CD SOS.