

MECHANIK NR 8-9/2013
XXXVI NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKI ŚCIERNEJ

**OKREŚLENIE GRANICY STĘŻENIA GLIKOLU
PROPYLENOWEGO NA STEREOMETRIĘ WARSTWY
WIERZCHNIEJ W PROCESIE SZLIFOWANIA**

Radosław ROSIK¹, Anna GRDULSKA²

***Streszczenie:** Przeprowadzone badania eksperymentalne polegały na sprawdzeniu wpływu rozcieńczenia glikolu propylenowego z wodą demineralizowaną, podawanego metodą MQL jako płyn obróbkowy, na wielkość sił (stycznej i normalnej) podczas szlifowania stopu tytanu. Sprawdzano także, jak taka ciecz wpływa na jakość warstwy wierzchniej po procesie obróbki materiału trudnoskrawalnego.*

***Słowa kluczowe:** szlifowanie, MQL, stopy tytanu*

***Summary:** The experimental research consisted of checking the effects of dilution propylene glycol with demineralized water, as a liquid in MQL, the size of the forces (tangential and normal) during grinding of titanium alloy, also verified how the liquid affects on the quality of the surface layer after grinding materials difficult to machine.*

***Key words:** grinding, MQL, titanium alloys*

1. WSTĘP

Metoda obróbki z zastosowaniem metody MQL (Minimum Quantity Lubrication) została zauważona i zyskała szybką akceptację przemysłu, gdyż zastosowanie jej jest możliwe w dotychczas używanych obrabiarkach, co stanowi bardzo duże ułatwienie, przez co można w prosty sposób modernizować maszynę, unikając bardzo wysokich kosztów.

Największą zaletą systemu MQL jest dobre odprowadzenie ciepła ze strefy szlifowania oraz dobre smarowanie zmniejszające tarcie, co ma wpływ na warstwę wierzchnią powierzchni obrabianej [1,5,9].

W procesie szlifowania stopów tytanu, niezależnie od metody obróbki bardzo ważnym elementem jest dobór odpowiedniego smarowania oraz warunków skrawania [1,17]. Zastosowanie ograniczonych ilości płynów obróbkowych w procesach obróbki wiórowej i ściernej, z uwagi na niewątpliwe zalety, jest coraz częściej stosowane w przemyśle i badane w laboratoriach naukowych [2].

Metoda wykorzystania płynu obróbkowego podawanego z minimalnym wydatkiem najczęściej jest stosowana do obróbki skrawaniem narzędziami jednoostrzowymi (noże tokarskie) oraz wielostrzowymi (wierćta, frezy) [16].

Rozwój tej metody przyczynił się do prób modyfikowania w celu ulepszenia jej właściwości, tak powstała metoda hybrydowa wykorzystywana do chłodzenia strefy skrawania w procesie szlifowania [13].

¹ Instytut Obrabiarek i TBM, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, email: radek.rosik@p.lodz.pl

² Instytut Obrabiarek i TBM, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, email: anna.grdulska@p.lodz.pl

W Instytucie Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn od wielu lat prowadzone są badania na temat użyteczności metody MQL podczas procesu szlifowania powierzchni płaskich. Od kilku lat prowadzone są doświadczenia eksperymentalne na temat nowego płynu obróbkowego: glikolu propylenowego, który został wykorzystany w metodzie MQL. Pomysł wykorzystania tej cieczy jako nowego płynu obróbkowego został zgłoszony, gdzie uzyskał patent nr.212206 [14]. W artykule przedstawiono próby rozcieńczania glikolu propylenowego z wodą demineralizowaną w odpowiednich proporcjach procentowych i obserwacji jego wpływu na stan warstwy wierzchniej. Nowo powstały płyn podawano w strefę kontaktu ściernica - przedmiot z minimalnym wydatkiem.

2. WARUNKI BADAŃ

Badaniaporównujące wpływ rozcieńczania glikolu propylenowego z wodą demineralizowaną podawanego w postaci mgły olejowej z wykorzystaniem system MQL z wydatkiem około 50ml/h. Badania przeprowadzono dla próbek płaskich ze stopu tytanu o nazwie rynkowej TIGR 5.

Celem badań było określenie granicy ilości procentowej glikolu propylenowego rozpuszczonego w wodzie demineralizowanej w celu jeszcze większego zmniejszenia kosztów. Ważnym kryterium było uzyskanie właściwych warunków smarowania, pozwalających uniknąć przypaleń, mikropęknięć powierzchni oraz jak najlepszej chropowatości szlifowanej powierzchni próbki.

Do doświadczeń eksperymentalnych użyto trzech wariantów mieszania tych dwóch płynów:

- 75% glikolu propylenowego oraz 25% wody demineralizowanej,
- 50% glikolu propylenowego oraz 50% wody demineralizowanej
- 25% glikolu propylenowego oraz 75% wody demineralizowanej.

Porównań dokonano w zakresie sił szlifowania, natomiast z parametrów warstwy wierzchniej wybrano wartość chropowatości Ra.

W badaniach procesu szlifowania do pomiaru siły stycznej F_t oraz normalnej F_n wykorzystano siłomierz piezoelektryczny firmy Kistler model 9321B, na którym zamocowano uchwyt do próbek płaskich. Sygnał z siłomierza przesyłany był do wzmacniacza 5011A, podłączonego do modułu firmy KEITHLEY model kusb-3108. Poprzez odpowiedni program komputerowy dedykowany do tego urządzenia umożliwiał gromadzenie i opracowywanie wyników pomiaru. Dokładniej stanowisko to opisano w poprzednim artykule [11].

Szlifowano trzema różnymi ściernicami: 5TGP60K (5TGP), 3TGP54K (3TGP), 3XGP54K (3XGP), które są stosowane do obróbki materiałów trudno szlifowalnych.

Starano się znaleźć optymalne ustawienie dyszy dla systemu MQL (rys. 1) tak, aby jak najwięcej cieczy pozostawało na próbce, tuż przed wejściem ściernicy w kontakt z przedmiotem, zmniejszając tarcie [11]. Szlifowano powierzchnię płaską próbki tytanu

o wymiarach 100 x 10 x 10 mm. Stopy tytanu bardzo szybko wchłaniają dużą ilość energii cieplnej powstałej podczas procesu szlifowania, dlatego aby uniknąć znacznych odkształceń cieplnych, zastosowano większą grubość próbki. Przed każdą próbą szlifowania ściernicę obciągano jednoziarnistym diamentem typu M1020, stosując posuw diamentu podczas obciągania $f_d = 0,18 \text{ mm/Obr}$ przy współczynniku pokrycia $k_d = 4,44$ [3,8]. Podczas kształtowania czynnej powierzchni ściernicy w strefę bezpośredniego obciągania podawany był glikol propylenowy metodą MQL w celu obniżenia temperatury diamentu oraz skuteczniejszego usunięcia skruszonych ziaren z powierzchni ściernicy [2]. Dokładny opis tego procesu wraz z ilustracjami został opisany w artykule [3]. Płyn chłodząco smarujący, był podawany pod ciśnieniem $p = 0,4 \text{ MPa}$, wydatek PCS około 50 ml/godzinę, odległość dyszy od powierzchni próbki 4 mm, kąt pochylenia dyszy względem powierzchni próbki wynosił $\sim 35^\circ$.



Rys. 1. Sposób podawania płynu chłodząco smarującego przy pomocy systemu MQL[nsos35]

W badaniach wykorzystano próbki ze stopów tytanu: TIGR5 (Tytan Grade 5), o składzie w %: C 0,23; Fe 0,15; Al 6,5; V 4,4; N 0,017; O 0,13; H 0,0024; Ti reszta.

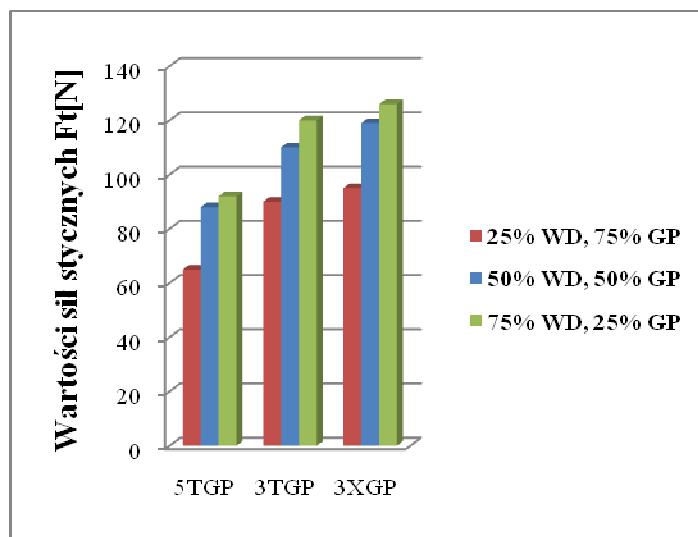
Próbki szlifowano metodą wgłębną na szlifierce typu SPD – 30b firmy JOTES w z następującymi parametrami:

- posuw $v_w = 0,2 \text{ m/s}$
- głębokości szlifowania $a_e = 0,02 \text{ mm}$,
- prędkość ściernicy $v_s = 25 \text{ m/s}$
- kierunek szlifowania współbieżny.

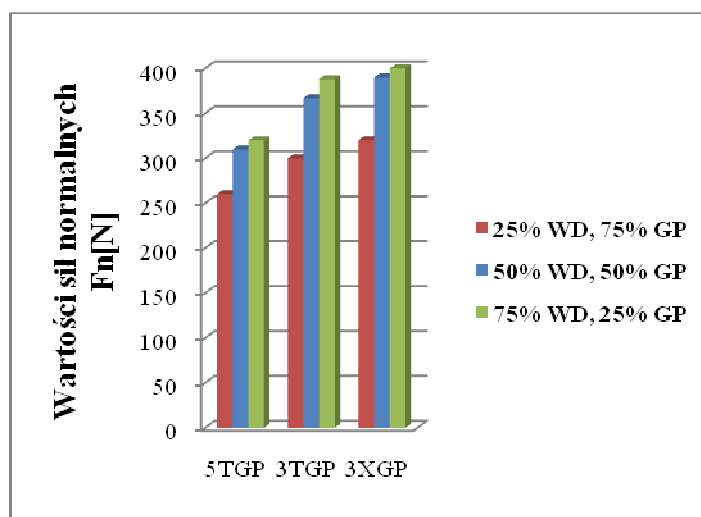
3. WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzone badania doświadczalne wykazują, że rozcieńczanie glikolu propylenowego (GP) z wodą demineralizowaną (WD) powoduje spadek własności smarujących, przez co jest słabszy poślizg ziarna podczas skrawania. Pomiar

wartości sił dla przyjętych parametrów procesu szlifowania z udziałem trzech różnych ściernic 5TGP, 3TGP, 3XGP wykazują, że im mniejsze stężenie glikolu propylenowego tym znaczny wzrost siły stycznej F_t oraz normalnej F_n (rys. 2 i 3).

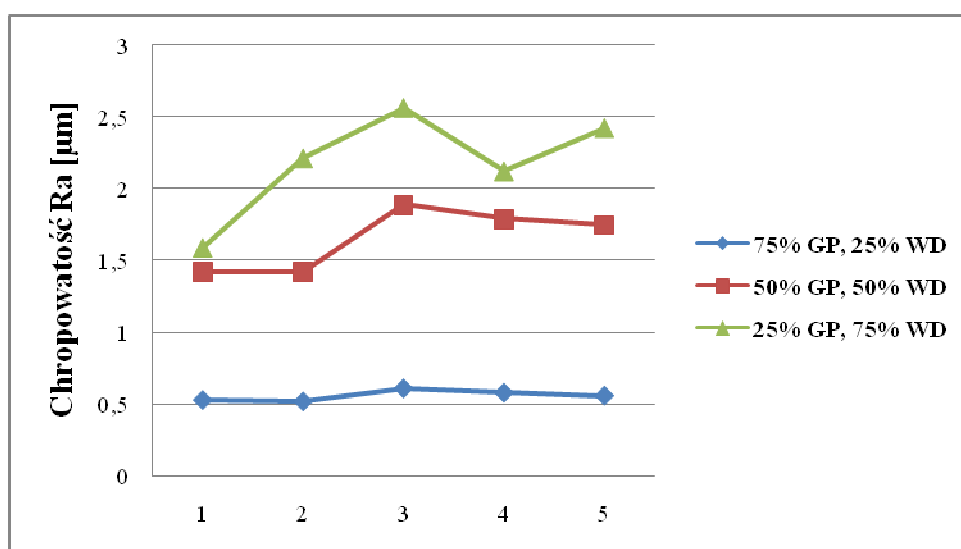


Rys. 2 Średnie wartości sił stycznych F_t podczas szlifowania stopu tytanu dla poszczególnych stężeń glikolu propylenowego z udziałem ściernicy 5TGP, 3TGP, 3XGP



Rys. 3 Średnie wartości sił normalnych F_n podczas szlifowania stopu tytanu dla poszczególnych stężeń glikolu propylenowego z udziałem ściernicy 5TGP, 3TGP, 3XGP.

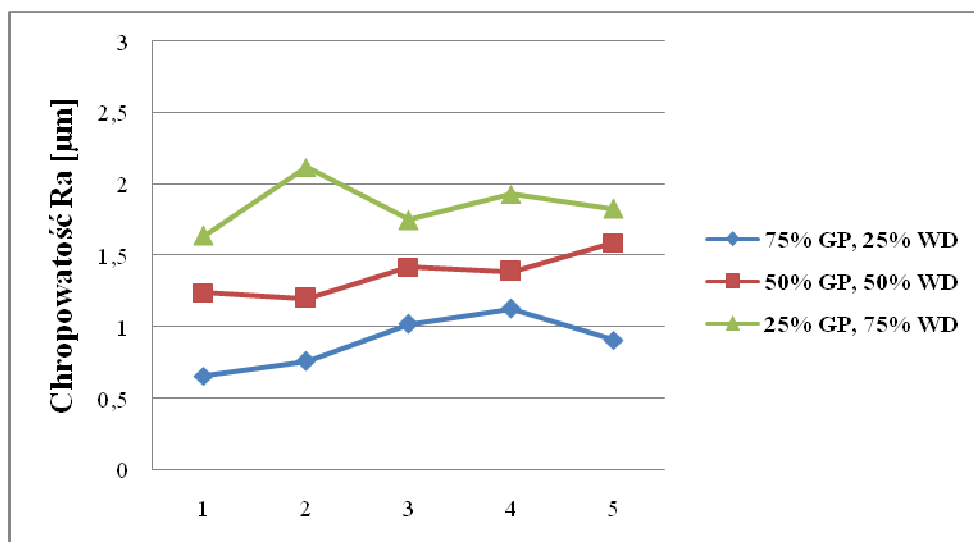
Okazało się, że im mniejsze stężenie glikolu powodowało pogorszenie chropowatości warstwy wierzchniej stopów tytanu. Podczas próby z udziałem ściernicy 5TGP (rys.4) gdzie roztwór składał się z 75% glikolu propylenowego i 25% wody demineralizowanej zaobserwowano mały rozrzut wartości średniej chropowatości Ra mieściły się w granicy od 0,5 do 0,6 μ m. Po procesie szlifowania taką cieczą nie zaobserwowano żadnych przypaleń powierzchni szlifowanej. Natomiast dla przypadku gdy stężenie glikolu w roztworze było 50% i mniejsze, chropowatości powierzchni szlifowanego materiału znacznie się pogorszyła i była średnio 4 razy większa od prób przy stężeniu glikolu 75% .



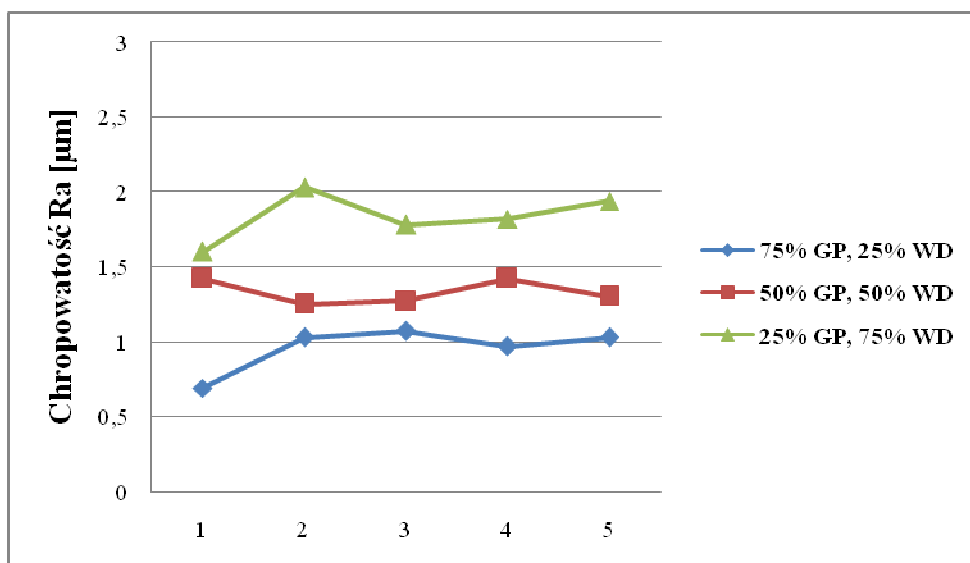
Rys. 4 Średnie wartości chropowatości parametru Ra w 5ciu punktach pomiarowych po szlifowaniu stopu tytanu TIGR5 z udziałem ściernicy 5TGP.

Natomiast przy użyciu ściernic 3TGP i 3XGP przy zastosowaniu płynu o składzie 75% glikolu propylenowego oraz 25% wody demineralizowanej, średnie wartości chropowatości parametru Ra były znacznie gorsze niż przy zastosowaniu podczas szlifowania ściernicy 5TGP. Przy podawaniu cieczy o zawartości 50% GP i 50% WD średnia wartość chropowatości parametru Ra jest wyższa niż przy podawaniu roztworu 75%GP i 25%WD. Natomiast w porównując wpływ podawanego płynu (50% GP i 50% WD) podczas szlifowania trzema różnymi ściernicami, stosując 5TGP uzyskana średnia wartość chropowatości Ra wynosi 1,65 μ m i jest na gorszym poziomie niż przy użyciu ściernic 3TGP i 3XGP gdzie oscyluje w granicach 1,3 μ m. Natomiast przy użyciu płynu o składzie 25% GP i 75% WD średnie wartości chropowatości znacznie się pogorszyły i wynosiły pomiędzy 1,8 μ m a 2 μ m oraz zaobserwowano niepożądane zjawisko, czyli przypalenia na powierzchni warstwy

wierzchniej obrabianego detalu.



Rys. 5 Średnie wartości chropowatości parametru Ra w 5-ciu punktach pomiarowych po szlifowaniu stopu tytanu TIGR5 z udziałem ściernicy 3TGP.



Rys. 6 Średnie wartości chropowatości parametru Ra w 5-ciu punktach pomiarowych po szlifowaniu stopu tytanu TIGR5 z udziałem ściernicy 3XGP.

4. WNIOSKI Z BADAŃ

Przeprowadzone badania wykazały, że rozcieńczanie glikolu propylenowego z wodą demineralizowaną powoduje spadek smarowania w strefie ściernica – przedmiot obrabiany co przyczynią się do znacznego wzrostu tarcia ściernicy podczas obróbkistopu tytanu TIGR5. Skutkuje to wzrost wartości siły stycznej F_t oraz normalnej F_n przez co powodem jest wzrost ilości wydzielanego ciepła podczas procesu szlifowania. Te negatywne skutki powodują ugięcia cieplne materiału co sprawia ogromne trudności podczas obróbki detali o małej grubości.

W przypadku gdy stężenie glikolu propylenowego w roztworze było 50% i mniejsze, chropowatości powierzchni szlifowanego materiału znacznie się pogorszyła i była średnio 4 razy większa od prób gdy stężenie glikolu wynosiło 75% i 100%.

Podczas podawania roztworu 25% glikolu propylenowego oraz 75% wody demineralizowanej, wartości sił były największe oraz zaobserwowano na powierzchni próbki znaczne przypalenia, co prowadzi do powstawania mikropęknięć warstwy wierzchniej. Jest to bardzo niepożądane zjawisko, które powoduje osłabienie się powierzchni materiału, czego skutkiem będzie bardzo szybkie zużycie powierzchniowe współpracujących ze sobą elementów. Następuje wtedy przyspieszony proces zużycia eksploatacyjnego.

LITERATURA

- [1] WÓJCIK R., KRUSZYŃSKI B.: *Szlifowanie powierzchni płaskich z zastosowaniem minimalnego wydatku cieczy obróbkowej*, XXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź 2003, 221-226.
- [2] WÓJCIK R., ROSIK R.: *Glikol propylenowy jako ciecz obróbkowa podawana z minimalnym wydatkiem w strefę szlifowania*, XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź 2010, 349-356.
- [3] ROSIK R., ŚWIERCZYŃSKI K.: *Wpływ metody MQL na parametry kształtowania czynnej powierzchni ściernicy i chropowatość warstwy wierzchniej przedmiotu obrabianego*, Inżynieria Maszyn, Rok 16, zeszyt 1-2, 2011, 175-185.
- [4] WÓJCIK R., KRUSZYŃSKI B.: *Szlifowanie powierzchni płaskich z zastosowaniem minimalnego smarowania (minimum quantity lubrication - MQL)*, XXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Kraków 2003.
- [5] OCZOŚ K. E.: *Doskonalenie technik szlifowania. Cz. I.*, Mechanik 2005/8-9, str. 643-656.
- [6] ROSIK R.: *Płyny chłodząco smarujące stosowane w procesie szlifowania*, Nowe Trendy w Naukach Inżynierskich, Częstochowa 2011, 173-181.
- [7] WÓJCIK R., ROSIK R.: *Badanie wpływu MQL z użyciem glikolu propylenowego na chropowatość powierzchni przedmiotu szlifowanego* - Inżynieria Maszyn rok 15, zeszyt 4 2010, 124-131.
- [8] GOŁĄBCZAK A., Łódź 2004, *Metody kształtowania właściwości użytkowych ściernic*, 50-68.
- [9] KRUSZYŃSKI B., MIDERA S., WÓJCIK R., GÓRECKI G.: *Wpływ kierunku podawania cieczy obróbkowej z minimalnym wydatkiem na siły szlifowania*, XXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Warszawa 2005.
- [10] OCZOŚ K., HABRAT W., *Doskonalenie procesów obróbki ściernicy cz. III chłodzenie i smarowanie w procesach szlifowania* – Mechanik 10/2010.
- [11] ROSIK R.: *Porównanie wpływu glikolu propylenowego podawanego metodą MQL z emulgolem na warstwę wierzchnią podczas procesu szlifowania* – XXXV Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej Problemy i tendencje rozwoju obróbki ściernicy, Łądek Zdrój 2012, str.135-140.

MECHANIK NR 8-9/2013
XXXVI NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKI ŚCIERNEJ

- [12] ŚWIERCZYŃSKI J.: *Nowoczesne metody chłodząco smarujące stosowane w obróbkach szlifierskich* - Nowe trendy w naukach inżynierskich, Grudzień 2011, str 61 -67.
- [13] ŚWIERCZYŃSKI J.: *Hybrydowa metoda wykorzystywana do chłodzenia strefy skrawania w procesie szlifowania*, Mechanik 8-9/2012, str.135-140.
- [14] ROSIK R.: *Nowe zastosowanie glikolu propylenowego*, 2012
- [15] STACHURSKI W., SAWICKI J.: *Wpływ warunków obróbki ostrzenia frezów ślimakowych na stan warstwy wierzchniej ostrzy*, Inżynieria Materiałowa Nr 4/2010, str. 1241-1244
- [16] STACHURSKI W., SAWICKI J., KACZMAREK Ł.: *Wpływ czynnika chłodząco-smarującego na stan warstwy wierzchniej zębów kół frezowanych obwiedniowo*, Tribologia, nr 1/2012 (241), str. 147-156.
- [17] ŚWIĘCIK R.: *Experimental investigation of abrasive electrodischarge grinding of Ti6Al4V titanium alloy*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2009, 37/2, str.706-711.

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.