

WPLYW MATERIAŁU ŚCIERNEGO NA STAN WARSTWY WIERZCHNIEJ PODCZAS SZLIFOWANIA STOPÓW TYTANU

Anna GRDULSKA¹, Radosław ROSIK²

Streszczenie: Badania doświadczalne miały na celu określenie wpływu rodzaju materiału ściernego na stan warstwy wierzchniej przedmiotu, wykonanego z materiału trudnoobrabialnego, podczas obróbki szlifowaniem bez udziału płynów chłodząco-smarujących. Określono wielkości sił: stycznej i normalnej, wartości chropowatości parametru Ra oraz topografię powierzchni w zależności od zastosowanego narzędzia ściernego.

Słowa kluczowe: szlifowanie, materiał ścierny, stopy tytanu

Summary: Experimental studies were aimed to determine the influence of the type of abrasive material on the state the surface layer of hard to machine material after grinding process without using lubricants. Gauged values of forces: tangential and normal, surface roughness- parameter Ra and surface topography, depending on the applied abrasive tool.

Key words: grinding, abrasive tool, titanium alloys

1. WPROWADZENIE

Obróbka szlifowaniem stanowi najważniejszą metodę kształtowania elementów maszyn i urządzeń. Dynamiczny rozwój przemysłu zmusza producentów do ciągłego ulepszania procesów produkcyjnych tak, by oferowane przedmioty były lepszej jakości, zarówno pod względem wymiarowym, jak i dokładności wykonania. Ważnym aspektem jest również konkurencyjność na tle innych producentów, do czego niezbędna jest racjonalna minimalizacja kosztów produkcji. Jakość wykonanych przedmiotów jest podyktowana stanem warstwy wierzchniej (WW). Na jej ukształtowanie wpływa szereg czynników, pośród których należy wymienić zjawiska cieplne i mechaniczne. Siły szlifowania są ściśle związane z energią przetwarzaną podczas procesu szlifowania. W związku z czym niezwykle istotne podczas obróbki są parametry nastawne (v_w , v_s), rodzaj materiału obrabianego oraz rodzaj zastosowanego narzędzia ściernego. Wielkość ziaren ma bardzo duże znaczenie podczas kształtowania przedmiotu. Wpływa ona na jakość warstwy wierzchniej i występujące siły w procesie szlifowania[1]. Badania eksperymentalne przeprowadzone w innych jednostkach naukowych dowodzą, że rodzaj spoiwa także w pewnym stopniu wpływa na polepszenie jakości skrawnej ściernicy[3]. Wieloletnie badania potwierdzają, że wraz ze wzrostem rozdrobnienia ziarna zmniejsza się chropowatość, następuje jednak wzrost wartości sił.

Stopy tytanu znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu,

¹ Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, e-mail: anna.grdulska@p.lodz.pl

² Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, e-mail: radek.rosik@p.lodz.pl

a w szczególności w sektorze lotniczym, chemicznym, okrętowym oraz spożywczym i w medycynie. Materiały te charakteryzują się korzystnym stosunkiem właściwości mechanicznych do ciężaru właściwego (tzw. wytrzymałość zmęczeniowa). Stopy tytanu zaliczane są do materiałów trudnoskrawalnych. Trudności w obróbce tytanu i jego stopów spowodowane głównie są: dużą aktywnością chemiczną, małą przewodnością cieplną, skłonnością do przylepiania się mikrowiórów do narzędzi ściernych. Podczas procesu szlifowania napotyka się duże opory skrawania, wytwarza się wysoka temperatura, co w konsekwencji prowadzi do szybkiego zużywania się narzędzi ściernych. Ciężkie warunki obróbki materiałów trudnoskrawalnych przyczyniają się do dynamicznego rozwoju nowoczesnych metod chłodzenia podczas szlifowania w celu uzyskania dokładnych wartości wymiarowo-kształtowych detalu[4,5]. Wzrost zainteresowania i obszaru zastosowania stopów tytanu rośnie z dnia na dzień, co spowodowane jest korzystnymi właściwościami materiału: odpornością na wysoką temperaturę, wysokim współczynnikiem wytrzymałości do ciężaru właściwego i małą masą. Własności takie jak: dobra biogodność, mała gęstość, odporność na korozję, odporność na działanie środowiska kwaśnego, chloru gazowego oraz roztworów zasadowych (np. morska woda) spowodowały znaczący przełom w biomedycynie. Tytan stosowany jest w protetyce dentystycznej. Posiada kilkakrotnie niższe niż tradycyjne materiały protetyczne przewodnictwo cieplne, dużą twardość, wytrzymałość mechaniczną oraz trwałość.

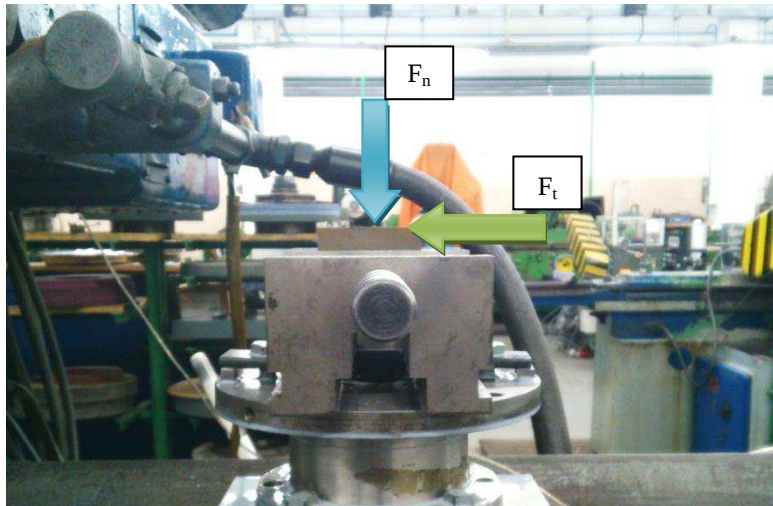
2. METODYKA BADAŃ

Przeprowadzone prace badawcze miały na celu określenie wpływu materiału ściernego na stan warstwy wierzchniej (chropowatość powierzchni R_a oraz wartości sił F_n i F_t) podczas szlifowania na sucho płaskich próbek wykonanych ze stopu tytanu TIGR5. Tytan TIGR5 jest najczęściej stosowanym stopem ze swojej grupy. Posiada bardzo wysoką wytrzymałość mechaniczną przy stosunkowo niskiej ciągliwości. Podczas obróbki termicznej istnieje ryzyko osłabienia mikrostruktury α - β .

Badania realizowano na szlifierce do płaszczyzn typu SPD-30, w której na wrzecionie zamontowano dwa rodzaje narzędzi ściernych o następujących parametrach: ściernice 99A46J8VTE10, 5NQ54KVQN.

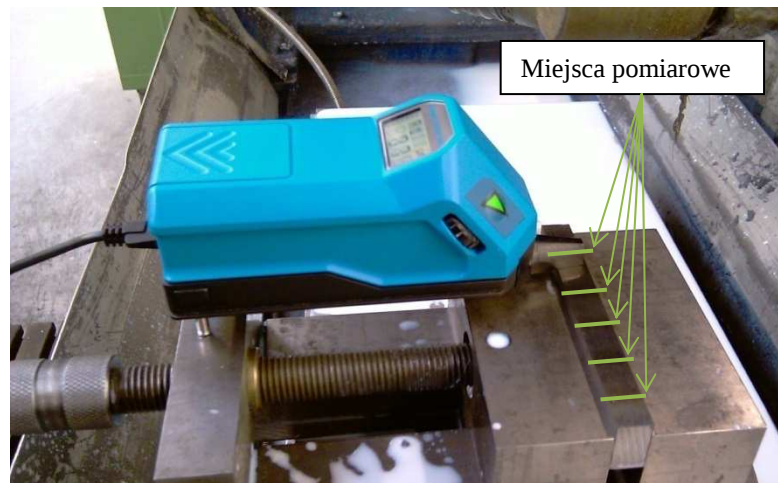
Zakres badań obejmował próby szlifowania płaskich próbek ze stopu TIGR5 o wymiarach 100x10x10 [mm] z wykorzystaniem w/w ściernic. Proces szlifowania realizowano z prędkością ściernicy $v_s=20\text{m/s}$, posuwem $v_w=0,2\text{ m/s}$, i głębokością szlifowania $a_p=0,02\text{ mm}$. Do oceny procesu szlifowania posłużono się pomiarami sił F_n i F_t , wartościami chropowatości parametru R_a powierzchni badanej próbki po procesie skrawania oraz analizą topografii powierzchni obrabianego przedmiotu. Parametry te mierzono po każdorazowym przejściu ściernicy oraz po ośmiu próbach, by sprawdzić, jak zalepienie ściernicy wpływa na stan warstwy wierzchniej przedmiotu obrabianego.

Pomiar składowych sił szlifowania dokonano za pomocą siłomierza piezoelektrycznego firmy Kistler, w którym pomiar sił następuje w oparciu o zjawisko piezoelektryczne. Rejestracja wyników odbywała się z częstotliwością próbkowania 1000 Hz. Na siłomierzu zainstalowano uchwyt do mocowania płaskich próbek (rys. 1). Dokładnie stanowisko badawcze opisano w poprzednim artykule [2].



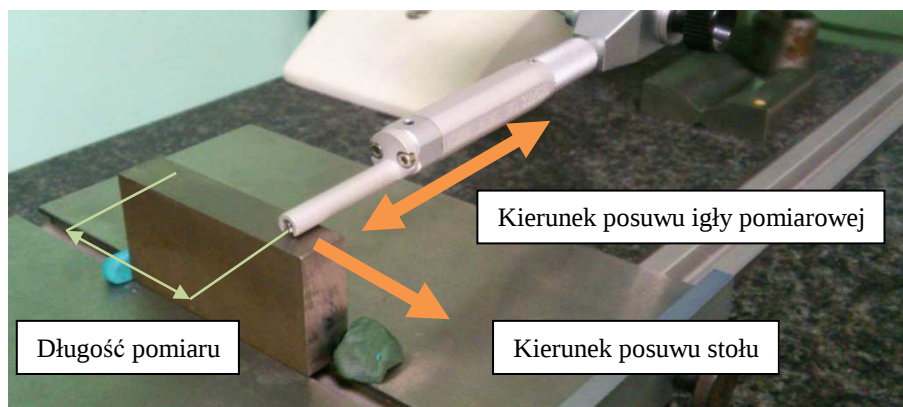
Rys. 1. Siłomierz z zamocowaną próbką, kierunek działania sił F_n i F_t .

Pomiar chropowatości powierzchni wykonano za pomocą przenośnego profilografometru firmy Hommel model T500. Dzięki swoim niewielkim gabarytom i mobilności stosowany jest bezpośrednio na maszynie niezwłocznie po przeprowadzeniu procesu szlifowania (rys. 2).



Rys. 2. Pomiar chropowatości warstwy wierzchniej po szlifowaniu w 5-ciu punktach.

Pomiar topografii powierzchni zrealizowano z wykorzystaniem profilografometru firmy Hommel model TurboWaveline60. Urządzenie umożliwia wizualizację chropowatości i falistości warstwy wierzchniej badanej próbki w postaci map topografii powierzchni. Stanowisko pomiarowe przedstawione jest na rys. 3.



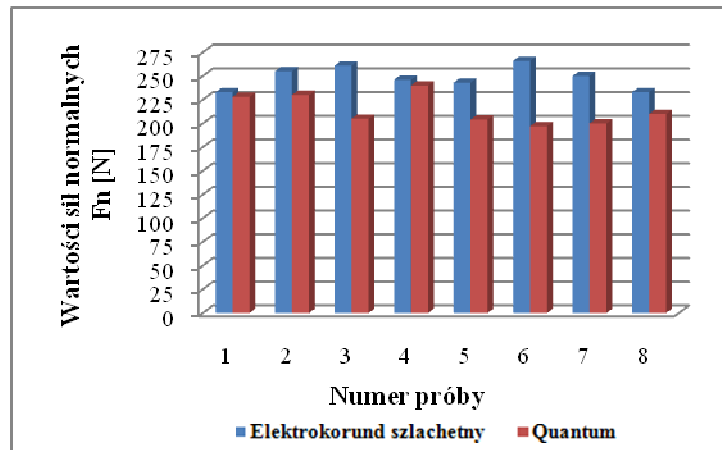
Rys. 3. Metoda pomiaru topografii powierzchni badanego przedmiotu.

3. WYNIKI BADAŃ

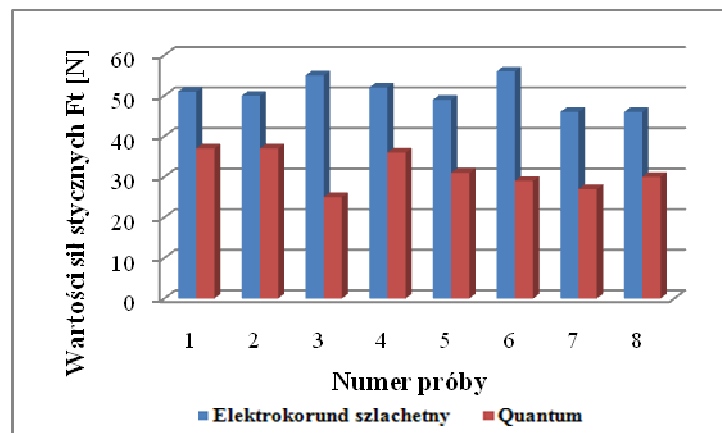
Przeprowadzone badania umożliwiły ustalenie wpływu rodzaju materiału ściernego na stan warstwy wierzchniej podczas szlifowania stopu tytanu TIGR5. Wyniki badań pokazały, że dla przyjętych parametrów procesu szlifowania wartości

sił stycznej F_t oraz normalnej F_n zmieniają się w zależności od zastosowanej ściernicy.

Na rys.4 i 5 przedstawiono średnie wartości sił: normalnej F_n oraz stycznej F_t uzyskane podczas kolejnych prób szlifowania bez udziału płynu chłodząco-smarującego, czyli na sucho, stopu tytanu TIGR5.



Rys. 4. Średnie wartości sił normalnych F_n podczas szlifowania stopu tytanu TIGR5 z głębokością $a_p = 0,02$ mm ściernicami: Elektrokorund szlachetny i Quantum.



Rys. 5. Średnie wartości sił stycznych F_t podczas szlifowania stopu tytanu TIGR5 z głębokością $a_p = 0,02$ mm ściernicami: Elektrokorund szlachetny i Quantum.

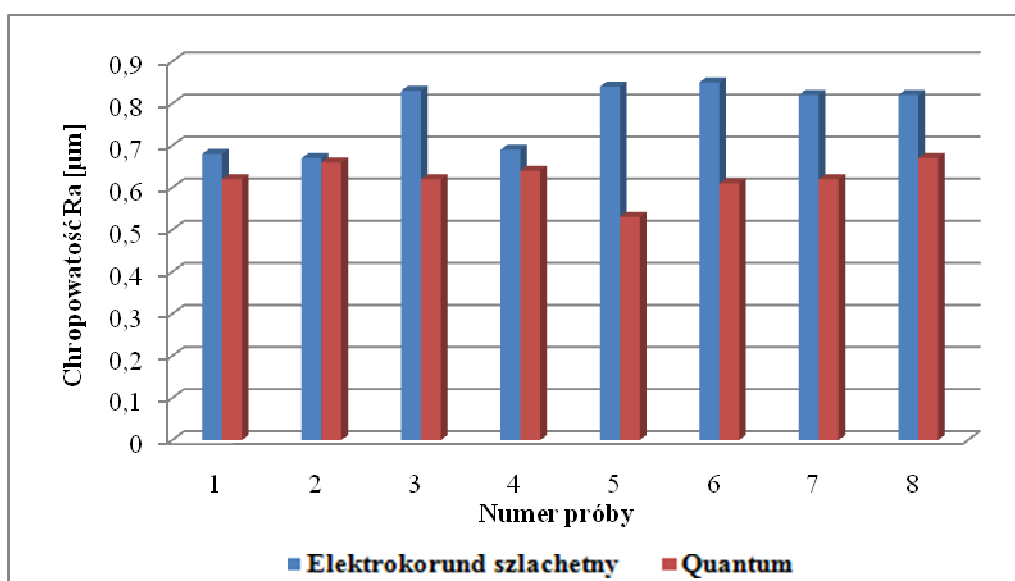
Analizując wykresy na rys. 4 i 5 można zaobserwować, że rodzaj ziarna ma znaczący wpływ na wartości sił F_n i F_t , występujących w trakcie obróbki. Podczas szlifowania stopu tytanu TIGR5 lepszą ściernicą okazała się Quantum: 5NQ54KVQN

wykonana przez firmę Saint-Gobain. Przy jej użytkowaniu zaobserwowano mniejsze wartości zarówno siły stycznej, jak i normalnej dla szlifowanego materiału. Tak małe wartości sił stycznych przy zastosowaniu ściernicy z ziarnem Quantum w stosunku do elektrokorundu szlachetnego spowodowane jest bardzo dobrymi własnościami skrawalnymi tego typu ziaren.

W dalszej części badań doświadczalnych analizowano, jak zmienia się chropowatość powierzchni w zależności od zastosowanego narzędzia ściernego, a także, jak zmienia się chropowatość powierzchni w zależności od poziomu zalepienia ściernicy, tzn. jak kształtuje się rozkład chropowatości po ośmiokrotnym przejściu narzędzia.

Na rys. 6 przedstawiono średnie wartości chropowatości powierzchni parametru Ra [μm] podczas szlifowania ściernicami wykonanych z elektrokorundu szlachetnego oraz Quantum.

Analizując wykres zaprezentowany na rys.6 można jednoznacznie stwierdzić, że podczas szlifowania stopu tytanu TIGR5 z wykorzystaniem ściernicy nowej generacji 5NQ54KVQN uzyskano niższe wartości chropowatości powierzchni, w porównaniu do narzędzia ściernego wykonanego z elektrokorundu szlachetnego.

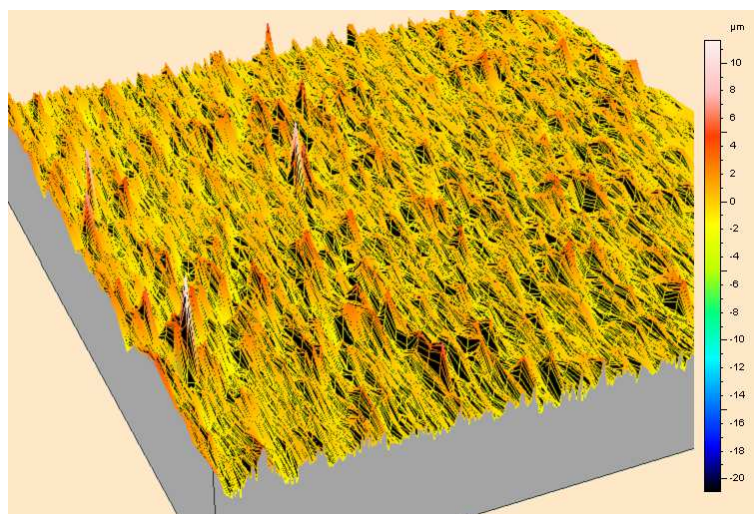


Rys. 6 Rozkład chropowatości na długości próbki, pomiar w 5 punktach po szlifowaniu z zastosowaniem ściernicy Quantum: 5NQ54KVQN

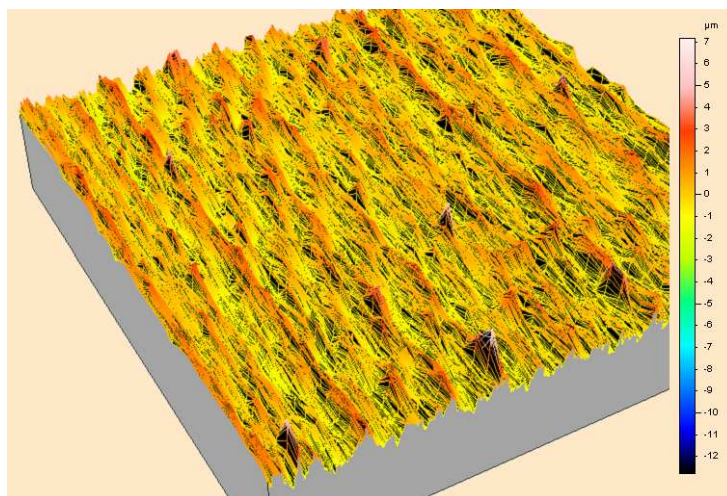
Kolejnym elementem porównywanym podczas badań jest zmiana parametru Ra w zależności od stopnia zalepienia ściernicy. Analizując wyniki badań zauważono, że wraz ze wzrostem ilości przejść ściernicy wykonanej z elektrokorundu szlachetnego

obserwuje się wzrost chropowatości powierzchni. Natomiast podczas procesu szlifowania z wykorzystaniem narzędzia Quantum następuje samoistne ostrzenie się ściernicy wraz z wydłużaniem się procesu szlifowania powierzchni próbki. Na podstawie wyników można stwierdzić, że wartości chropowatości powierzchni próbki znacznie się różniły w zależności od rodzaju zastosowanej ściernicy. Podczas szlifowania narzędziem 99A46J8VTE1 wartości chropowatości mieściły się w przedziale $R_a = 0,67 \mu\text{m}$ do $R_a = 0,84 \mu\text{m}$. Natomiast dla ściernicy 5NQ54KVQN zarejestrowano chropowatość w przedziale $R_a = 0,53 \mu\text{m}$ do $R_a = 0,64 \mu\text{m}$.

W związku z powyższym należy kontynuować badania w zakresie różnorodnych narzędzi ściernych, ponieważ szlifowalność ściernicy ma bezpośredni wpływ na stan warstwy wierzchniej kształtowanej w procesie szlifowania. Przeprowadzona analiza topografii powierzchni za pomocą oprogramowania Hommel MapExpert na profilografometrze wykazała, że przy szlifowaniu ściernicą z elektrokorundu szlachetnego średnia wartość wysokość szczytów wyniosła $0,72 \mu\text{m}$, natomiast przy obróbce narzędziem Quantum ukształtowała się na poziomie $0,48 \mu\text{m}$. Wartości zagłębień pozostawionych przez ziarna elektrokorundu były głębsze niż przy użyciu Quantum. Oznacza to, że przy obróbce wykańczającej, aby osiągnąć gładką powierzchnię należy głębiej szlifować, przez co mogą być problemy z uzyskaniem dokładnych wymiarów obrabianych detali.



Rys. 7 Topografia próbki na odcinku 40 mm przy użyciu ściernicy z elektrokorundu szlachetnego.



Rys. 8. Topografia próbki na odcinku 40 mm przy użyciu ściernicy Quantum.

4. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że rodzaj ziarna odgrywa bardzo dużą rolę podczas szlifowania stopu tytanu TIGR5. Najmniejsze wartości sił w trakcie obróbki materiału trudnoskrawalnego uzyskano przy użyciu ściernicy Quantum firmy Saint-Gobain. Podczas prób zaobserwowano zjawisko samoostrzenia się ściernicy, dzięki temu średnie wartości sił pozostają na tym samym poziomie, co więcej ściernica bardzo długo zachowuje własności skrawające. Przy zastosowaniu ściernicy Quantum uzyskano najmniejsze oraz powtarzające się średnie wartości chropowatości Ra.

LITERATURA

- [1] OCZOŚ K., PORZYCKI J.: *Szlifowanie. Podstawy i technika*, WNT Warszawa 1986.
- [2] 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.
- [3] SKOWRON M., ŚWIĘCIK R., URBANIAK M.: *Ocena narzędzi supertwardych ze spoiwem żywicznym nowej generacji*, XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź 2010, 61-70.
- [4] ŚWIERCZYŃSKI J.: *Nowoczesne metody chłodząco smarujące stosowane w obróbkach szlifierskich* - Nowe trendy w naukach inżynierskich, Grudzień 2011, str. 61 -67.
- [5] ŚWIERCZYŃSKI J.: *Hybrydowa metoda wykorzystywana do chłodzenia strefy skrawania w procesie szlifowania*, Mechanik 8-9/2012, str.135-140.

Szczególne podziękowania dla firmy Saint-Gobain za udostępnienie produktów.

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 UE ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.