

## Streszczenie

Autor: Krzysztof Krupa

Tytuł: Kształtowanie warstwy wierzchniej oraz wskaźniki jakościowe obróbki w procesie toczenia wykończeniowego stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl( $\gamma$ )

Rozwój nowoczesnych konstrukcji stosowanych w technice lotniczej prowadzący do uzyskania lepszych osiągnięć samolotów i śmigłowców determinowany jest opracowaniem i wprowadzaniem nowych materiałów o większej wytrzymałości, mniejszej gęstości oraz odpornych na oddziaływanie coraz wyższej temperatury pracy. Stąd rosnące zainteresowanie grupą stopów tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl( $\gamma$ ), stanowiących nowoczesny materiał o małej gęstości i dobrej żaroodporności.

Wytwarzanie elementów ze stopów tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl( $\gamma$ ) jest szczególnie trudne ze względu na niską ich skrawalność spowodowaną specyficznymi właściwościami m.in. dużą twardością i kruchością, dużą aktywnością chemiczną oraz małą przewodnością cieplną. Dodatkowo w trakcie procesu skrawania powstają uszkodzenia warstwy wierzchniej. Stąd pojawia się konieczność opracowania efektywnych procesów wytwarzania pozwalających na zwiększenie wydajności, obniżenie kosztów oraz uzyskanie dobrej jakości powierzchni obrabianych wyrobów. Jest ona kształtowana zarówno przez odwzorowanie kinematyczno-geometryczne krawędzi ostrza skrawającego, wartości parametrów procesu skrawania, charakter oddziaływania ostrza skrawającego z materiałem obrabianym, zużycie wkładki ostrzowej oraz warunki procesu – obciążenia mechaniczne, cieplne i chemiczne.

Jakość powierzchni obrabianej oraz stan technologicznej warstwy wierzchniej wpływa w znacznym stopniu na właściwości użytkowe wytwarzanych elementów od których wymaga się dużej niezawodności. Dotychczasowy stan wiedzy o kształtowaniu warstwy wierzchniej stopów tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl( $\gamma$ ) w obróbce skrawaniem ograniczony jest wynikiem zarówno krótkiego okresu od ich wprowadzenia jak i zastrzeżeniem danych technologii produkcji. Dlatego niezbędne jest opracowanie warunków obróbki wykończeniowej, a także poznanie zjawisk zachodzących w ich trakcie.

Wyniki badań doświadczalnych prowadzonych dotychczas w Katedrze Materiałoznawstwa i Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego w zakresie efektywnej obróbki skrawaniem trudnoobrabialnych stopów stosowanych w technice lotniczej potwierdzają konieczność określenia wpływu warunków obróbki skrawaniem na przebieg procesu i kształtowanie warstwy wierzchniej wyrobów. Stąd celem rozprawy było określenie wpływu materiału i geometrii ostrza narzędzia skrawającego oraz parametrów skrawania w procesie toczenia wykończeniowego na wartości wskaźników jakościowych oraz stan warstwy wierzchniej elementów ze stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl( $\gamma$ ).

Na podstawie studium literatury i wyników badań własnych sformułowano tezę, że określenie zależności pomiędzy parametrami procesu i wskaźnikami jakościowymi umożliwi ustalenie stopnia ich oddziaływania na stan technologicznej warstwy wierzchniej w procesie toczenia wykończeniowego stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl( $\gamma$ ) - Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C. Badania weryfikujące przyjęte założenia prowadzono w kilku etapach:

1. Analiza literatury - była podstawą do określenia celu i zakresu pracy, wstępnego doboru geometrii i materiału ostrzy narzędzi skrawających oraz parametrów skrawania - prędkości, posuwu, głębokości.
2. Badania wstępne - umożliwiły selekcję narzędzi do badań zasadniczych oraz wyznaczenie obszarów badawczych.
3. Badania wskaźników jakościowych procesu - składowych całkowitej siły skrawania, temperatury w strefie skrawania oraz zużycia ostrza narzędzia.
4. Badania w zakresie kształtowania stanu warstwy wierzchniej - określono wpływ parametrów skrawania na stan warstwy wierzchniej z uwzględnieniem dominującego wskaźnika jakościowego - zużycia ostrza narzędzia skrawającego.

Przeprowadzono wszystkie planowane badania weryfikujące przyjęte założenia i hipotezy badawcze. W ramach pracy opracowano wybrane modele procesu oraz określono związki pomiędzy parametrami skrawania, wskaźnikami jakościowymi procesu oraz stanem warstwy wierzchniej. Zakres przedstawionych badań prowadzono z zastosowaniem nowoczesnej aparatury oraz zaawansowanych technik badawczych.

## Podziękowanie

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.

## Abstract

Author: Krzysztof Krupa

Title: Surface integrity and quality indicators in finish turning of titanium alloy based on intermetallic phase TiAl( $\gamma$ )

The development of modern constructions used in the aerospace industry, which leads to achieve better performance of airplanes and helicopters, is determined by the new materials with higher strength, lower density and resistant to the effects of high temperature. Hence, there is increased interest of the group of intermetallic titanium alloys TiAl( $\gamma$ ) which are the new materials with low density and good heat resistance.

The machining of the parts made of titanium alloys based on intermetallic TiAl( $\gamma$ ) phase is particularly difficult due to their low machinability. It is caused by the specific properties of these alloys: high hardness and brittleness, high chemical activity and low thermal conductivity. Additionally, the surface may be damaged during the machining process. It is why there is a need to develop efficient manufacturing processes, enable to increase the productivity, reduce costs and achieve good surface quality of machined products. It is formed by geometric and kinematic projection of the cutting edge, cutting parameters, impact of the cutting edge on the workpiece material, the cutting tool wear and process conditions - mechanical, thermal and chemical effects.

The surface quality and surface integrity affects on the properties of manufactured elements which are required to be reliable. The current knowledge about the formation of the state of machined surface layer of titanium alloys based on intermetallic phase of TiAl( $\gamma$ ) is limited due to the short period from their introduction and the confidential data of production technology. Therefore is necessary to develop conditions for finish turning and understanding the phenomena occurring during the machining process.

The results of experimental studies conducted so far in the Department of Materials Science and Research and Development Laboratory for Aerospace Materials of Rzeszów University of Technology in the field of effective machining of the difficult to cut alloys, used in the aerospace industry, confirm the necessity to determine the impact of the machining conditions on the process and shaping of the surface integrity. Hence, the aim of the research was to determine the impact of material and geometry of the cutting tool and cutting parameters in the process of finish turning on the values of quality indicators and the state of the surface layer of titanium alloy based on intermetallic phase TiAl( $\gamma$ ). Based on the literature review and research results was formulated the thesis, that define the relationship between cutting parameters and process quality indicators allows to determine the state of the surface layer (surface integrity) after the finish turning of the titanium alloy based on intermetallic phase TiAl( $\gamma$ ) Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C. The studies carried out to verify the assumptions were made in several stages:

1. Analysis of literature - was the base for determining the purpose and range of the work and the preliminary selection of the geometry and material of the cutting tools and machining parameters - speed, feed rate, depth of cut.
2. Preliminary tests - allowed the selection of tools and defined the cutting conditions for the fundamental research.
3. Research of the process quality indicators - components of cutting force, temperature in the cutting zone and cutting tool wear.
4. Research in the range of the surface integrity - the influence of cutting parameters on the state of the surface layer of workpiece with taking into account the dominant quality indicator - cutting tool wear.

All planned studies were carried out to verify the assumptions and hypotheses. The relationships between cutting parameters and quality indicators of the process were defined. The research was carried out with use of modern equipment and advanced research techniques.

#### Acknowledgments

Financial support of Structural Funds in the Operational Programme - Innovative Economy (IE OP) financed from the European Regional Development Fund - Project "Modern material technologies in aerospace industry", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 is gratefully acknowledged.