

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare) Composite metallic materials in aviation applications (including Glare-type materials)

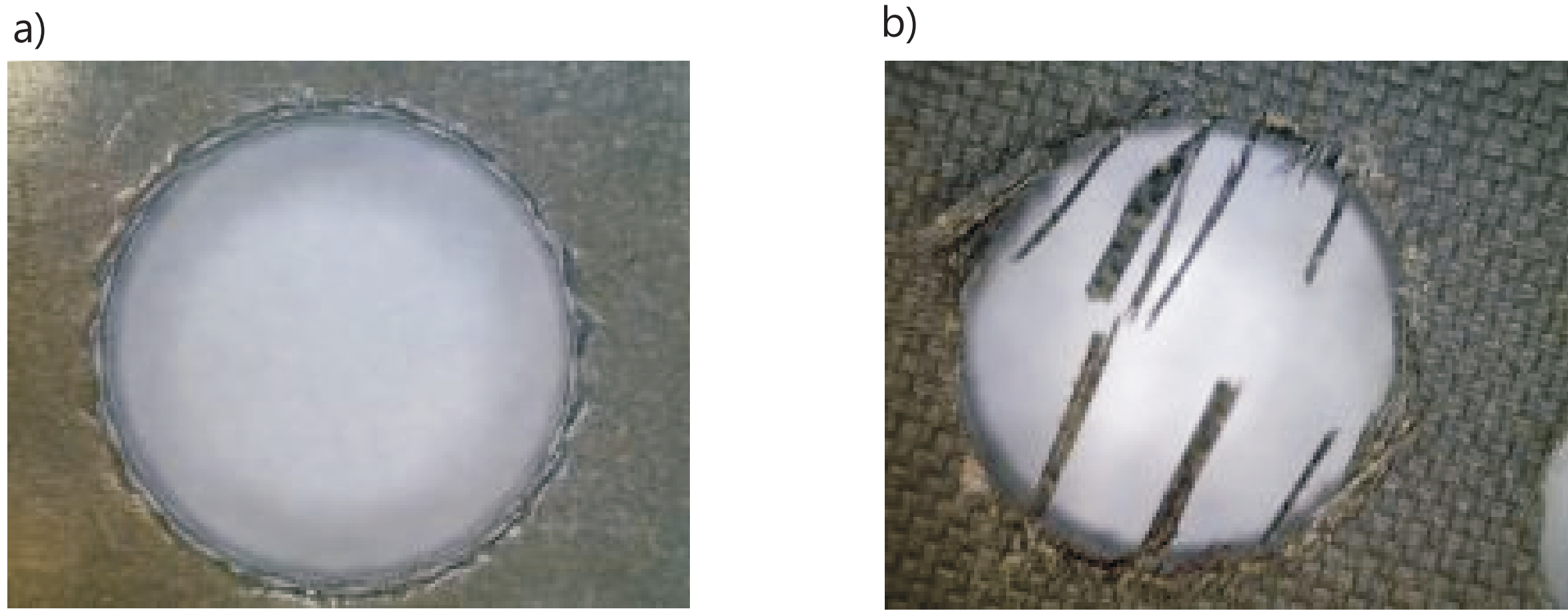
Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Politechnika Śląska, Instytut Lotnictwa w Warszawie
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

Wyniki badań Results

Wpływ parametrów skrawania na występowanie zjawisk negatywnych podczas obróbki materiałów kompozytowych typu GLARE Influence of technological parametres on netative phenomena during machining of GLARE type composite materials

Do głównych trudności obróbkowych zaliczyć można: różnorodne właściwości skrawne poszczególnym grup materiałowych, różnorodną twardość i sprężystość, odmienne właściwości termiczne (przewodność cieplna), sposób formowania wióra itp. Dodatkowo, narosty powstające na powierzchni natarcia narzędzia przy dużych obciążeniach występujących w procesie skrawania, powodują powstawanie wyżłobień oraz ścieranie warstwy CFRP, co dla materiałów wykorzystywanych w przemyśle lotniczym jest niedopuszczalne. Etap wiercenia stopu aluminium powoduje z kolei większą ilość generowanego ciepła (ciepło nie jest odprowadzane z wiórami, ale kumuluje się w materiale narzędzia), co powodować może przypalanie warstwy kompozytowej. Wymagania przemysłowe i warunki skrawania takie jak np. obróbka bez cieczy chłodząco - smarującej powodują dodatkowe trudności i zwiększają wymagania dla efektywności procesu technologicznego. Wpływ na dokładność wymiarową wykonywanych otworów, oprócz różnorodnych właściwości materiałowych takich jak moduł sprężystości, ma również utrudniony transport wiórów, które mogą uszkadzać powierzchnię warstwy kompozytowej. Charakterystyczną właściwością stopów aluminium jest jego skłonność do tworzenia wiązań adhezyjnych, co powoduje powstawanie narostów na krawędzi skrawającej. W szczególności skłonność stopów aluminium do spajania się z krawędzią skrawająca jest widoczna w przypadku zastosowania, jako materiału narzędziowego stali szybko tnącej (HSS). Narosty powstają również na powierzchni przyłożenia narzędzia. Skutkuje to intensywnym procesem tarcia i generowaniem wysokiej temperatury w strefie styku narzędzia z przedmiotem obrabianym. Dotychczasowe badania i analiza stanu wiedzy wykazują konieczność rozwijania nowych geometrii narzędziowych mogących sprostać specyficznym wymaganiom obróbki złożonych materiałów kompozytowych.

Machining main difficulties are a variety of cutting properties of each material group, hardness and elasticity, different thermal properties (thermal conductivity), a method of forming a chip. Additionally, build up formed on the rake face of tool during high loads in the cutting process, leading to abrasion and grooves of CFRP layer, which is unacceptable for materials used in aerospace industry. Drilling the aluminum alloy or titanium alloy results a greater amount of heat (heat is not discharged witch the chips, but cumulated in the tool material), may cause scorching of the composite layer. Industrial requirements and cutting conditions such as working without cooling lubricating liquid cause additional difficulties and increase the effectiveness of the requirements for the process. On dimensional accuracy of drilled holes, affect material properties such as modulus of elasticity, also more difficult chips transport from processing zone, that can damage the surface of composite layer. The characteristic property of aluminum is tendency to form adhesive bonds, causing build-up on the cutting edge. In particular, aluminum alloy has adhesive tendency to cutting edge. It is visible during use high speed steel (HSS).



Rys. 1. Problemy podczas procesu wiercenia materiałów typu GLARE a) warstwa stopu aluminium, b) warstwa CFRP
Fig. 1. Problems during drilling of GLARE composites a) Aluminium layer, b) CFRP layer

2. Tests - drilling of CFRP/Al, GFRP/Al

2.1 Cel testów

Próby zostały wykonane w celu określenia wpływu czynników takich jak: prędkość skrawania, posuw, geometria wiertła, na występowanie zjawisk negatywnych podczas obróbki materiałów typu GLARE.

2.1 Aim of Tests

Test were carried to were made to define the effect of factors such as: cutting speed, feed rate, drill geometry on cutting forces generated during drilling of GLARE materials

2.2 Przykładowe próbki wykorzystane do testów

Do testów zostały wykorzystane:

Próbka nr 1 (FML 4/3: aluminium/ kompozyt z włóknami szklanymi)

- aluminium - 0,5 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 0° - 0,25 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 90° - 0,25 mm
- aluminium - 0,5 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 0° - 0,25 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 90° - 0,25 mm
- aluminium - 0,5 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 0° - 0,25 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 90° - 0,25 mm
- aluminium - 0,5 mm

Próbka nr 2 - (FML 4/3: aluminium/ kompozyt z włóknami węglowymi)

- aluminium - 0,5 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 0° - 0,25 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 90° - 0,25 mm
- aluminium - 0,5 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 0° - 0,25 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 90° - 0,25 mm
- aluminium - 0,5 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 0° - 0,25 mm
- warstwa kompozytu o ułożeniu włókien w kierunku 90° - 0,25 mm
- aluminium - 0,5 mm

2.2 Example Test pieces

For tests were used:

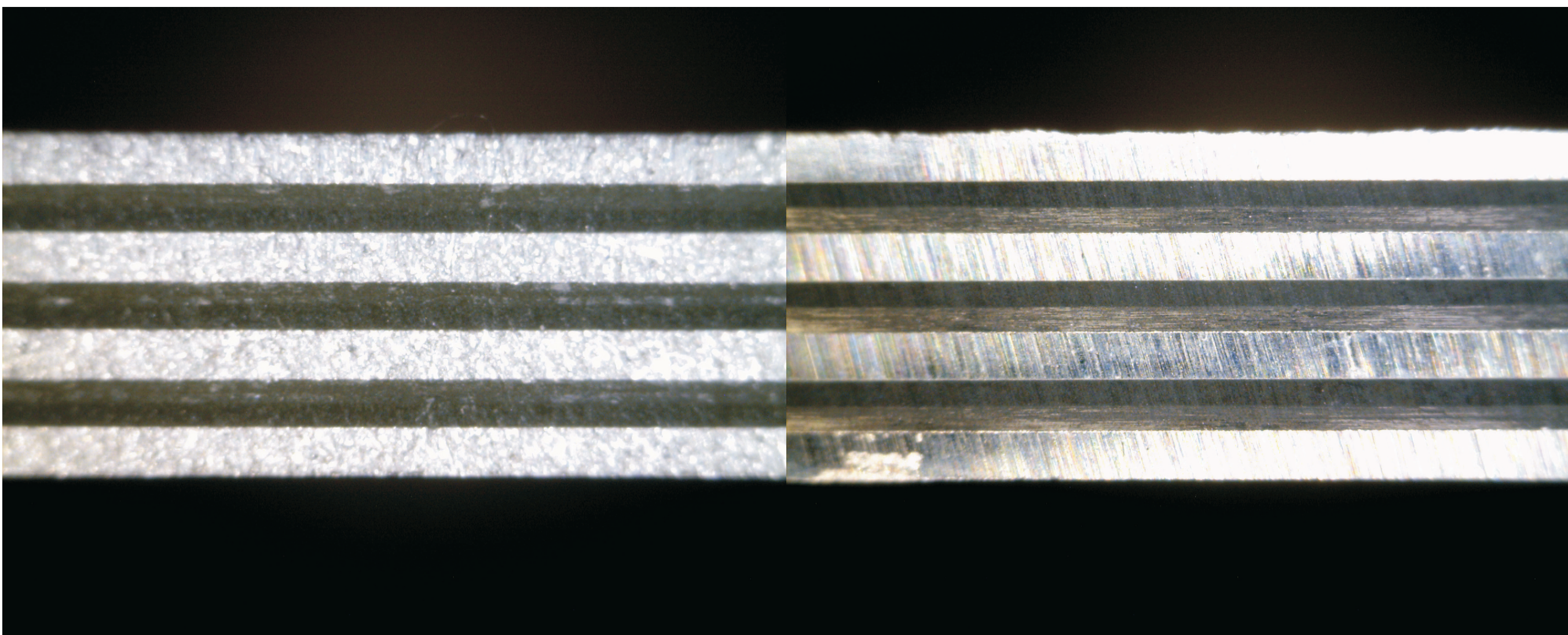
Sample No. 1 (FML 4/3 aluminum / glass fiber composite)

- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm

Sample No. 2 - (FML 4/3: aluminum / carbon fiber composite)

- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm

- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 0° - 0.25 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm
- Aluminum - 0.5 mm
- The composite layer orientation of the fibers in the direction of 90° - 0.25 mm



Rys. 2. Próba materiału GLARE zastosowana do badań
Fig. 2. The GLARE material sample used for testing.

2.3. Stanowisko badawcze

- centrum obróbkowe - 5 osiowe DMU 100 Monoblock
- kamera szybkoeklatkowa Vision Research Phantom V9.1
- specjalny przyrząd mocujący - w celu zapewnienia odpowiedniej sztywności i umożliwienia rejestracji spodniej warstwy badanych płytek

2.3 Research station

- Machinin Center - 5 axis DMU 100 Monoblock
- Camera Vision Research Phantom szybkoeklatkowa V9.1
- A special fastening device - in order to ensure adequate rigidity and allow the registration of the bottom layer of the tested plates

2.4. Testy Maszynowe.

Poniższe zdjęcia przedstawiają zdjęcia makroskopowe powierzchni wejściowej i wyjściowej wiertła o zmodyfikowanej geometrii, podczas wiercenia materiału typu GLARE. Podczas testów dokonano pomiaru siły osiowej i momentu wiercenia, w celu określenia ich zależności od zmiennych parametrów skrawania: prędkości skrawania i posuwu osiowego.

2.4. Testing Machine.

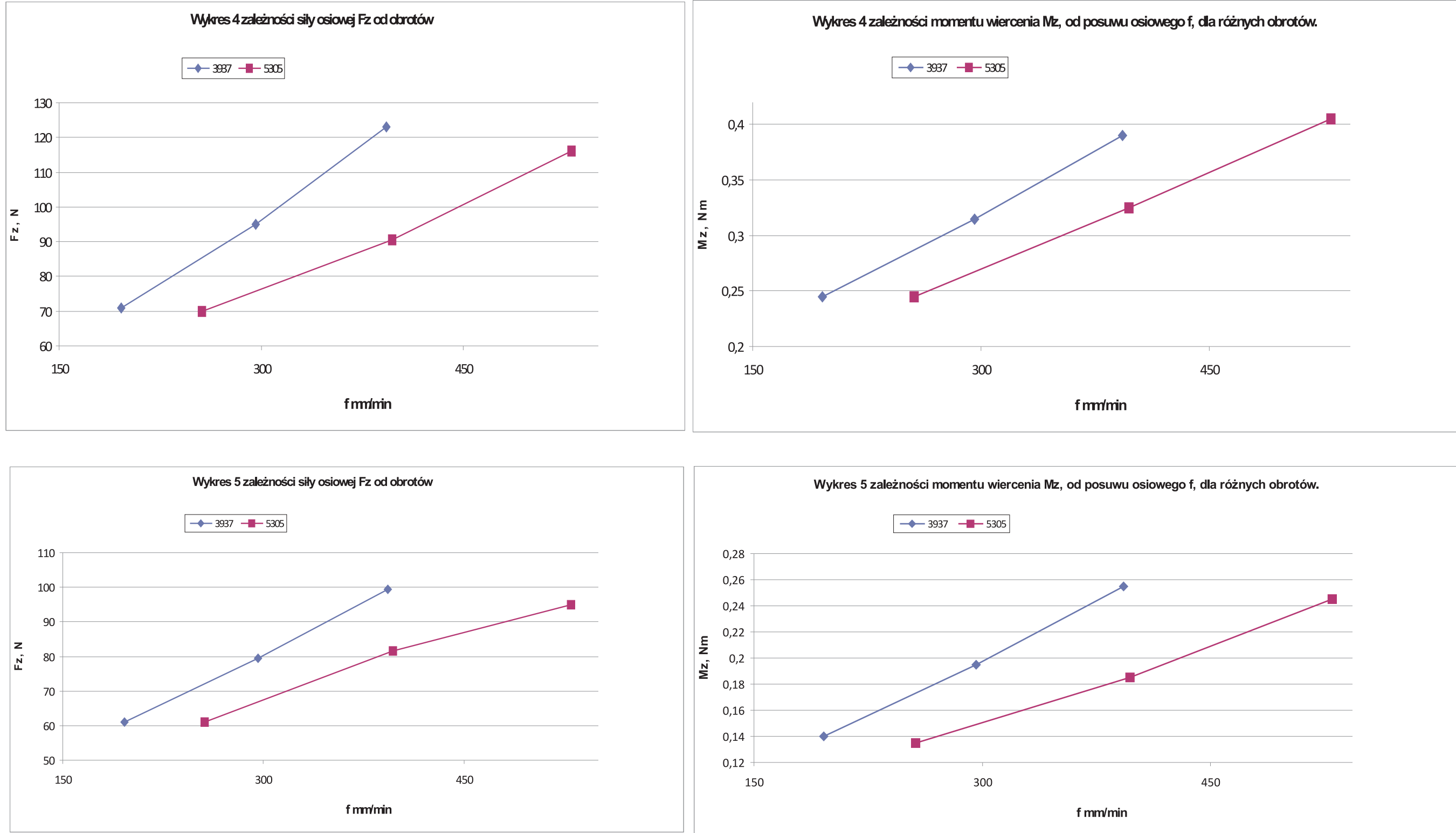
The following figures show macroscopic pictures of the input and output surface of the drill, the drill of modified geometry, during drilling of different material type GLARE. During the tests was measured the axial force and drilling torque, to determine the dependency of variables cutting parameters: cutting speeds and feed rate.

	3937 [obr/min]			5305 [obr/min]	
	wej	wyj		wej	wyj
196 [mm/min]			265 [mm/min]		
296 [mm/min]			397 [mm/min]		
393 [mm/min]			530 [mm/min]		

	3937 [obr/min]			5305 [obr/min]	
	wej	wyj		wej	wyj
196 [mm/min]			265 [mm/min]		
296 [mm/min]			397 [mm/min]		
393 [mm/min]			530 [mm/min]		

Rys. 3. Zdjęcia makroskopowe powierzchni wejścia i wyjścia wiertła podczas wiercenia materiałów typu GLARE a) próbka 1, b) próbka 2
Fig. 3. Macroscopic picture of a surface of the entry and exit of the drill during drilling materials such as GLARE a) sample 1, b) sample 2

Wyniki pomiarów siły osiowej i momentu wiercenia przedstawione zostały w postaci wykresów. Pomiar dokonany został przy pomocy siłomierza Kistler. The results of measurements of axial force and torque drilling are shown in graphs. The measurement was made using a Kistler dynamometer.



Rys. 4. Wykresy przedstawiają zmianę wartości siły osiowej i momentu wiercenia w zależności od parametrów skrawania
Fig. 4. The graphs show the change in the value of axial force and drilling torque depending on the drill cutting parameters

Wnioski Conclusions

Wykonane badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- Wiercenie materiałów typu GLARE wymaga specjalnej geometrii wiertła.
- Właściwy dobór parametrów skrawania jest konieczne podczas obróbki materiałów typu GLARE.
- Wyeliminowania negatywnych zjawisk podczas wiercenia materiałów GLARE jest możliwe, pod warunkiem zastosowania odpowiedniej modyfikacji geometrii wiertła.
- Powłoki ochronne są pożądane, ale nie we wszystkich przypadkach wiertniczych
- wzrost posuwu wiertła powoduje wyraźne zwiększanie wartości generowanej siły
- wartości prędkości skrawania mają mniejszy wpływ na proces powstawania zjawisk negatywnych niż wartości posuwu osiowego

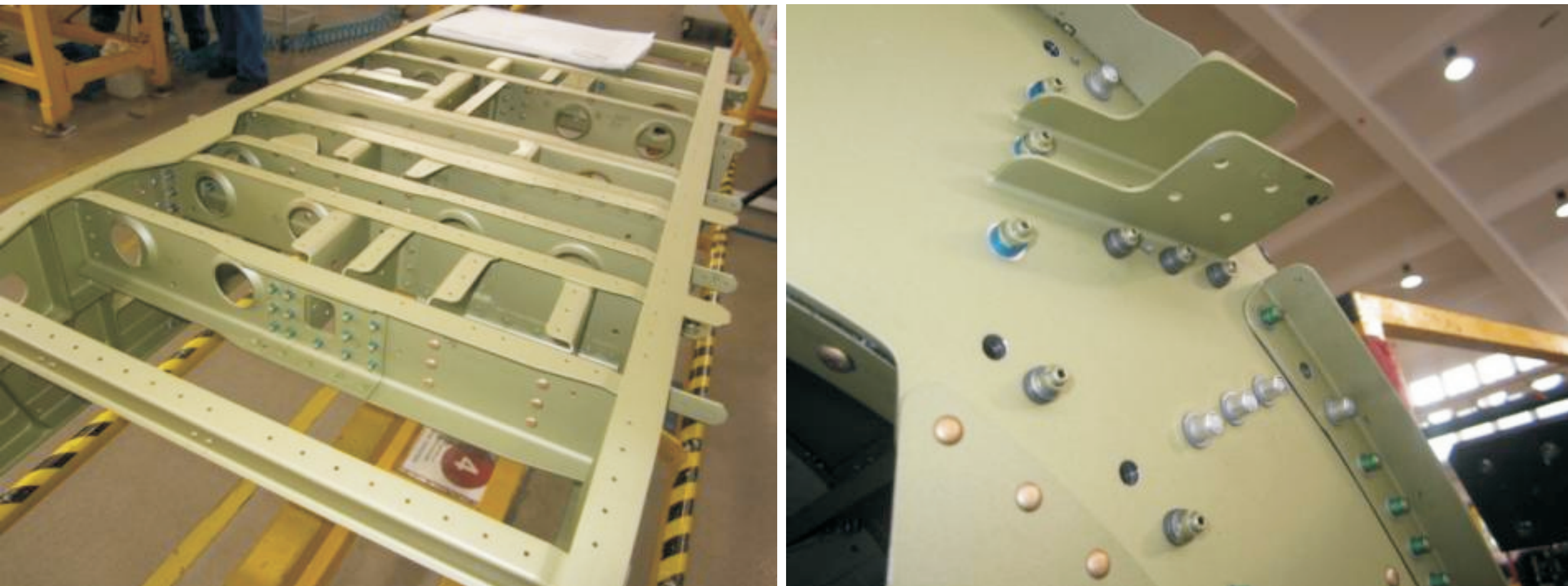
Completed research allows us to formulate the following conclusions:

- Drilling of GLARE materials requires a special geometry of the drill.
- Appropriate selection of cutting parameters is necessary.
- It is possible to eliminate the negative phenomena during drilling of GLARE materials
- Protective coatings are desirable but not in all drilling cases
- An increase of drill feed rate resulting in a noticeable increase in value generated Forces
- Cutting speed values have less influence on the process of negative phenomena than the axial feed

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

4.1 Wykonywanie otworów montażowych w elementach struktur lotniczych wykonanych z pakietów materiałowych Al/CFRP/Ti. Bardzo często gabaryty części wymagają wykorzystanie robotów wierzących lub wiertarek ręcznych. Zastosowanie wiertel z podwójnymi tysinkami

4.1 Making of holes in elements of aeroplanes structures made from sandwich material Al / CFRP / Ti. Very often the size of drilling requires the use of robots or hand drills. The use of drills with double drill margins allows to perform in the classroom H8 holes in one pass.



Rys. 15. Wiertło z podwójnymi lysinkami prowadzącymi do zastosowań na robotach wierzących.
Rys. 15. Drill with double drill margins to applications for drilling robots.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- PZL Swidnik
- PZL Mielec
- Polcomm
- MAPAL Narzędzia Precyzyjne

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty:

1. Romana Ewa Śliwa, Piotr Tyczyński: **Drilling of glare type composite materials using tool of special geometry**, Composites/Nano, ICCE-23 Chengdau, China.

Publikacje

1. Piotr Tyczyński, Romana Ewa Śliwa, Robert Ostrowski: **Analysis of possibilities for modification of drill bit geometrical parameters used to drill holes in composite materials of various composition**, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol:87, iss:2, 2015

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorska

Piotr Tyczyński: **Modyfikacja parametrów geometrycznych wiertel do kątownego wiercenia w elementach o powierzchniach płaskich i cylindrycznych wykonanych z materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie**, Promotor. Prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa