

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

Analiza możliwości modyfikacji parametrów geometrycznych wiertła do wykonywania otworów w materiałach kompozytowych o różnej strukturze

Analysis of possibilities for modification of drill bit geometrical parameters used to drill holes in composite materials of various composition

1. Przyczyny i mechanizmy tworzenia delaminacji.

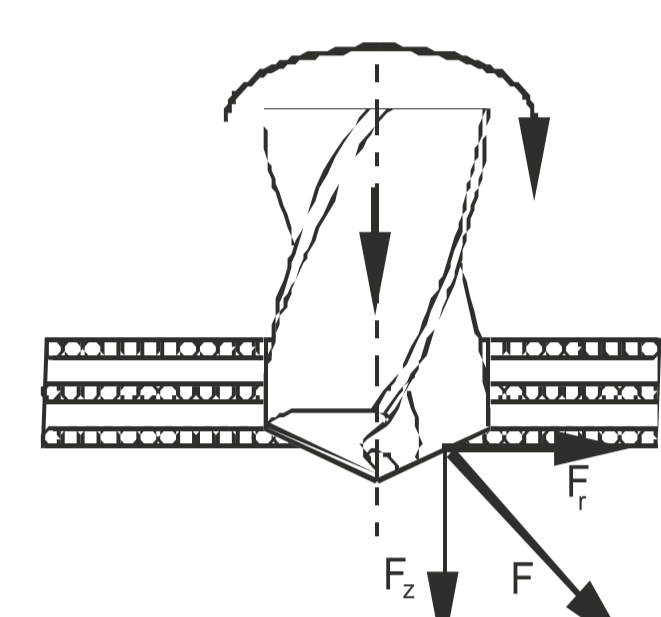
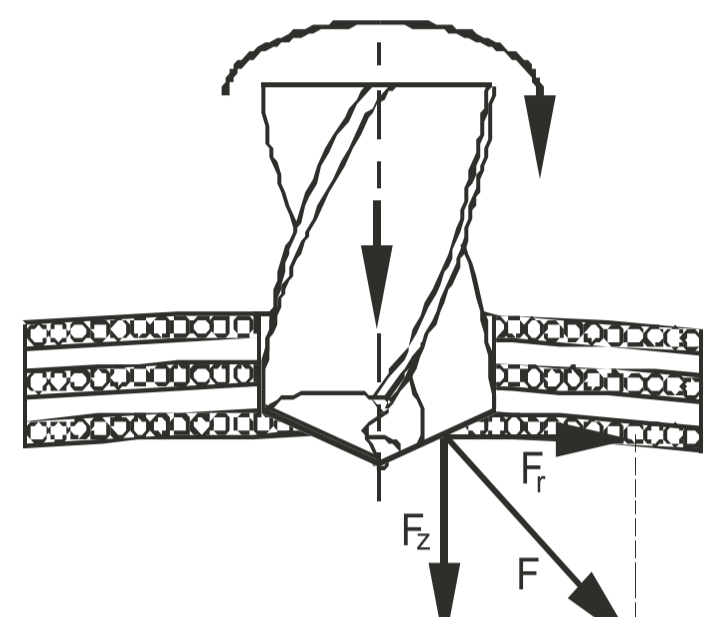
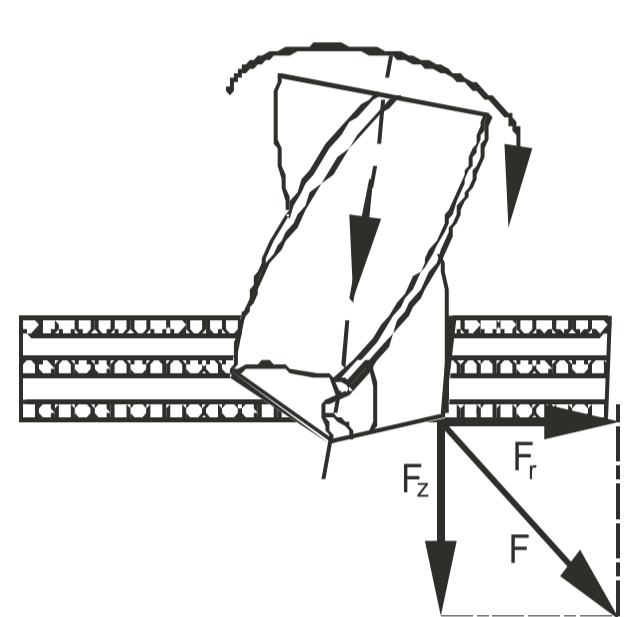
1.1 Siły osiowe - składowe siły skrawania działające wzdłuż osi wiertła powodują utratę spójności międzylaminarnej i rozwarstwienie poszczególnych warstw kompozytu

1.1 Axial forces - components of cutting force are acting along drill axis, and causes loss of interlaminar cohesion and delamination of particular layer

Slope drilling

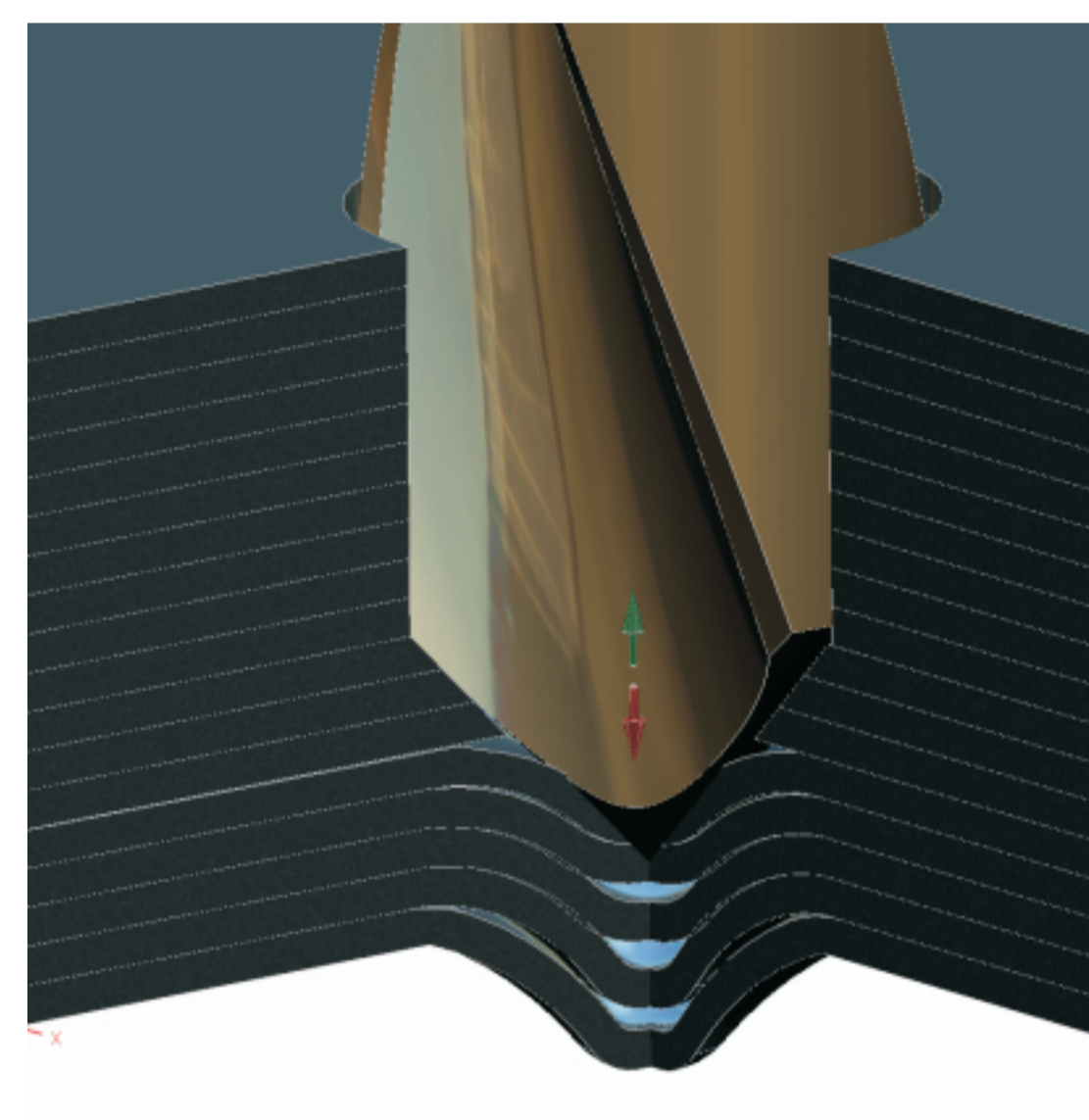
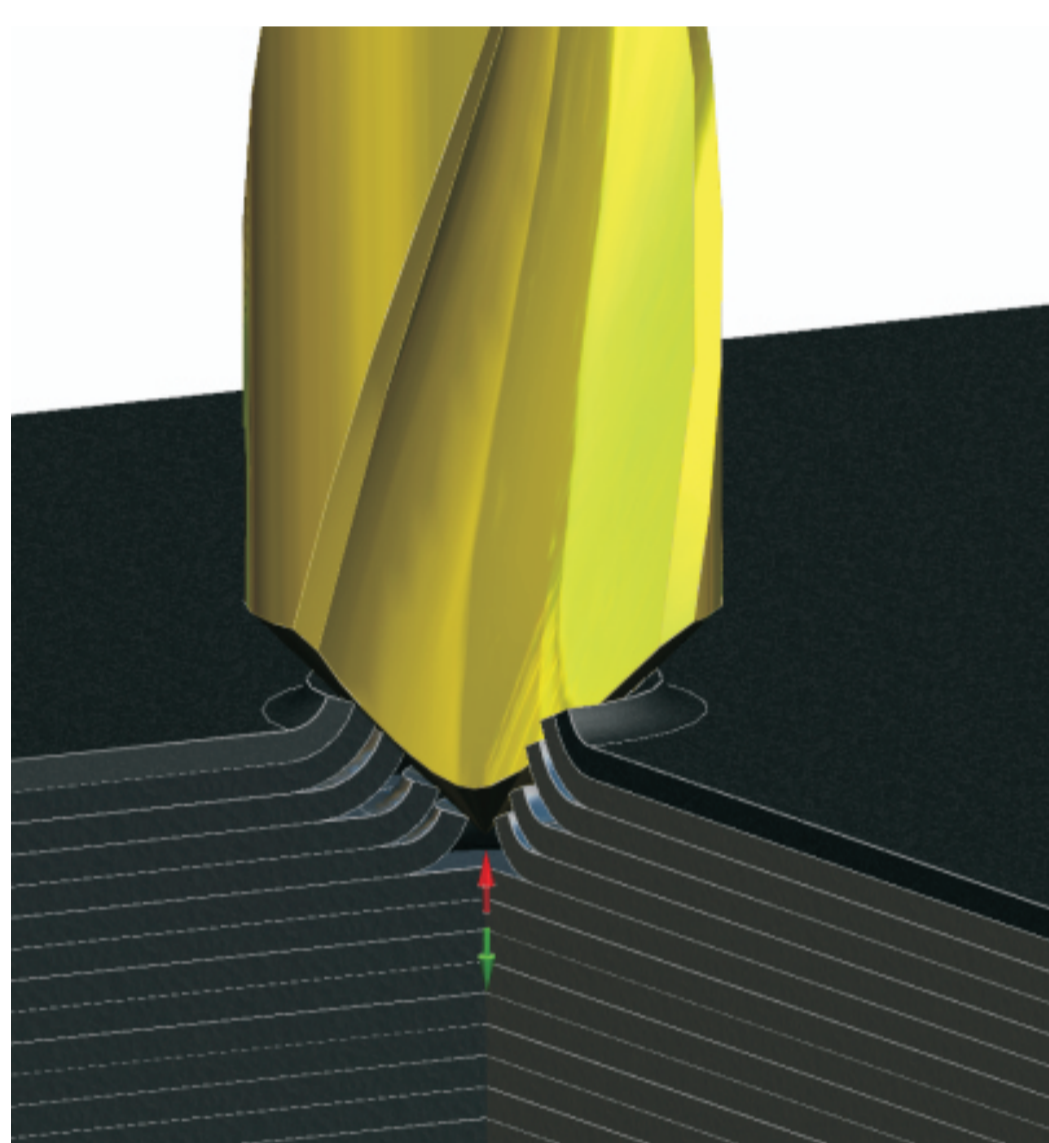
Drilling in nonplanar faces

Conventional drilling



1.2. Siły skrawania generowane przez krawędź skrawającą - mogą powodować delaminację zarówno na powierzchni wejścia jak i wyjścia wiertła. Oddziaływanie pomiędzy powierzchnią natarcia a wierzchnimi laminami powoduje ich wyciągnięcie w kierunku przeciwnym do posuwu. Oddziaływanie pomiędzy krawędzią skrawającą i powierzchnią przyłożenia wiertła powodują wypychanie spodnich warstw w kierunku zgodnym z kierunkiem posuwu

1.2. Cutting forces which are generated by cutting edge - they can cause delamination both on the top surface and on the bottom surface. The interaction between the rake face and the outer layers causes pull out in the direction opposite to the feed rate. The interaction between cutting edge and tool flank push bottom layers causing the in the same direction as the direction of feed



Rys.3. Wyciągnięcie wierzchnich warstw kompozytu podczas wiercenia

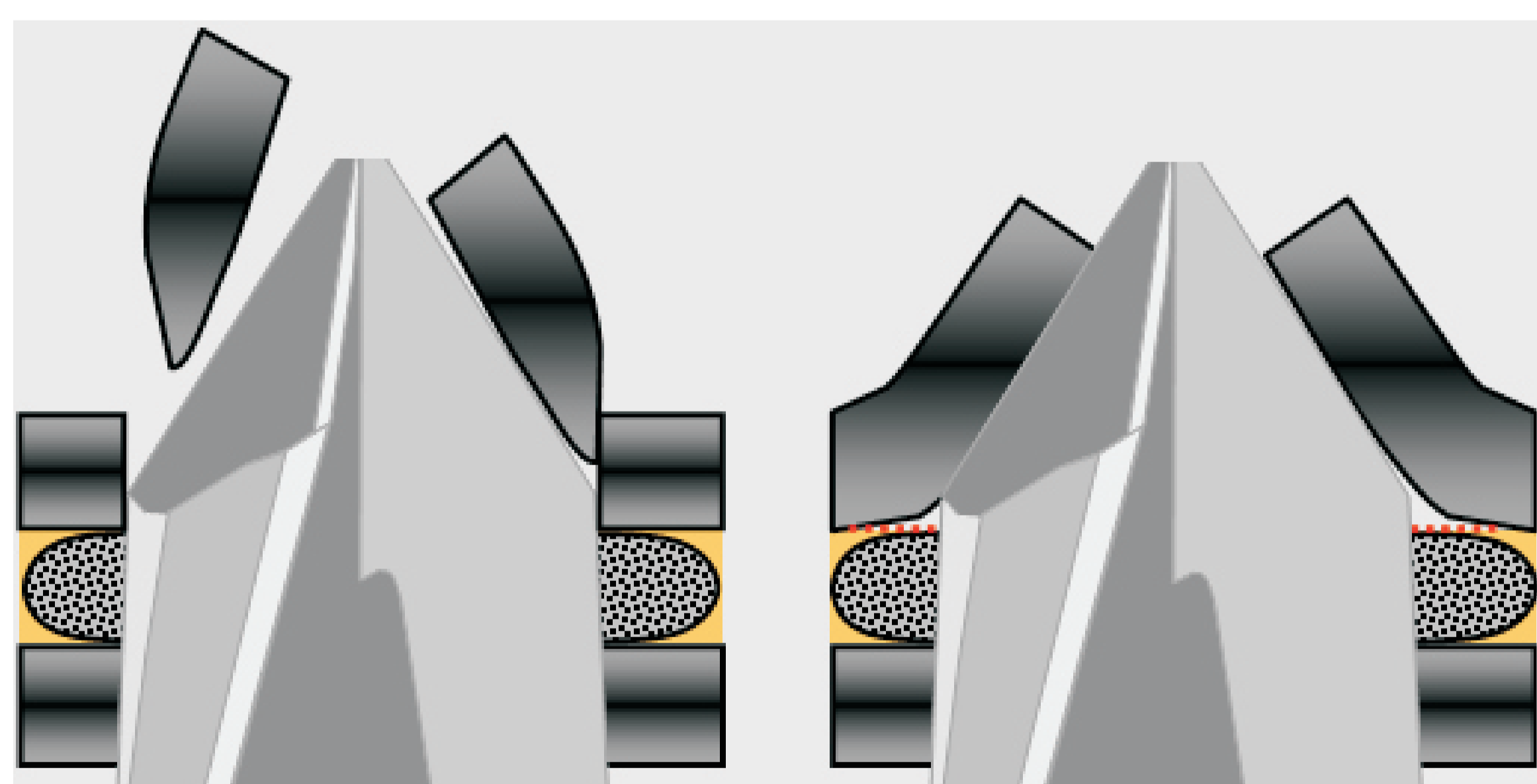
Rys.4. Wypychanie spodnich warstw kompozytu podczas wiercenia

Rys.3. Pull in of upper layers of the composite during drilling

Rys.4. Pushing out of bottom layers of the composite during drilling

1.3. Wypychanie nieskrawanej części lamin. Podczas procesu wiercenia po przebicciu się ścina wiertła przez spódne laminy sztywność materiału pozostałego do usunięcia zmniejsza się co może powodować jego plastyczne odkształcenie i powstawanie zadziórów. Zastosowanie ostrej geometrii na łysinkach prowadzących umożliwia przeprowadzenie efektywnego procesu skrawania do momentu całkowitego wyjścia wiertła z materiału

1.3. Pushing out of uncutted layers. During the drilling process after the drill bit punctured the bottom layers, stiffness of the laminae which remain to remove decreasing which can cause plastic deformation and the formation of burrs. Application of sharp geometry on drill margin allows you to perform efficient cutting process until the total output of drill



Rys. 5. Efekt wiercenia wiertłem ze specjalną geometrią łysinek prowadzących umożliwiającą skrawanie włókien. a) wiertło specjalne, b) wiertło standardowe

Rys. 5. Effect of drilling with drill with special geometry of drill margin which allow effective cutting of fibers a) special drill, b) standard drill

2. Tests - drilling of CFRP/GFRP

2.1 Cel testów

Próby zostały wykonane w celu określenia wpływu czynników takich jak: prędkość skrawania, posuw, geometria wiertła, na występowanie zjawisk negatywnych. Badania przeprowadzone zostały przy zastosowaniu kamery szybkoobrotowej, w celu dokładnej identyfikacji momentu inicjowania delaminacji

2.1 Cel testów

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 different types of composites. Tests were conducted using a camera high speed, for accurate identification of delamination initiation time

2.2 Próbkę wykorzystane do testów

Do testów zostały wykorzystane dwa typu płytek kompozytowych:

- CFRP, prepeg jednokierunkowy, włókno węglowe
- CFRP, prepeg splotowy, włókno węglowe

2.2 Test pieces

For tests were used three types of composite plates:

- CFRP, unidirectional prepreg, carbon fiber
- CFRP, convolutional prepreg, carbon fiber

2.3. Stanowisko badawcze

- centrum obróbkowe - 5 osiowe DMU 100 Monoblock
- kamera szybkoobrotowa 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 szybkoobrotowa V9.1
- A special fastening device - in order to ensure adequate rigidity and allow the registration of the bottom layer of the tested plates



Rys. 6. Stanowisko badawcze

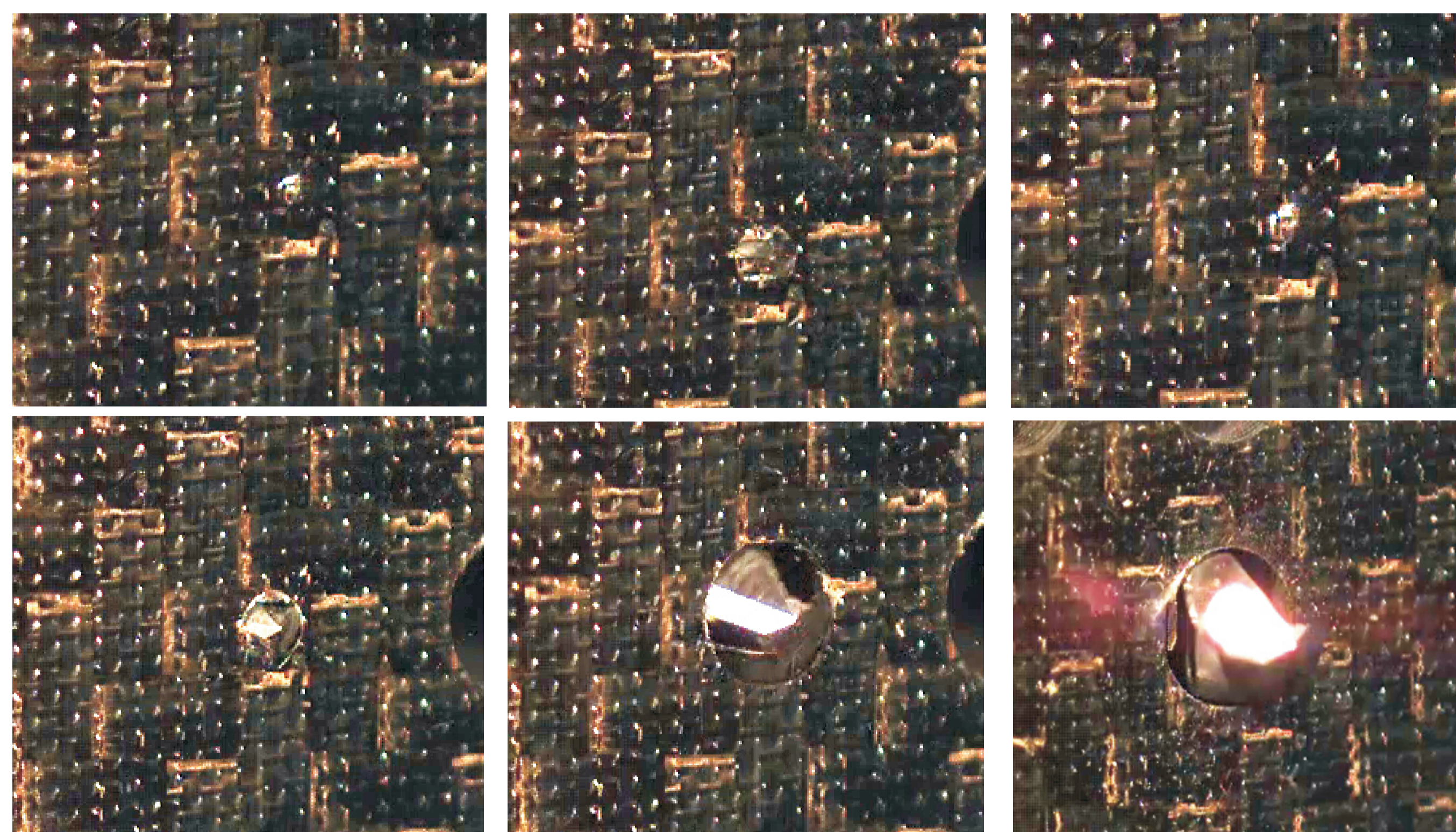
Rys. 6. Research station

2.4. Testy Maszynowe.

Poniższe zdjęcie przedstawia kolejne etapy mechanizmu powstawania delaminacji. W pierwszej fazie wiercenia, w momencie kiedy wierzchołek wiertła dotyka spodnich lamin, obserwujemy plastyczne odkształcenie warstwy, bez utraty jej spójności - jest to moment inicjacji rozwarstwienia. W następnej fazie obserwujemy dalsze powiększanie się obszaru delaminacji - oddziaływanie pomiędzy krawędzią skrawającą i spodnimi laminami. Sztywność lamin jest zbyt mała żeby możliwe było efektywne skrawanie włókien. W następnym etapie obserwujemy moment przebiccia wierzchołka wiertła przez spodnie laminy, dochodzi do spadku sztywności włókien, przez co pogłębia się zjawisko delaminacji jak również zjawisko wyciągania włókien.

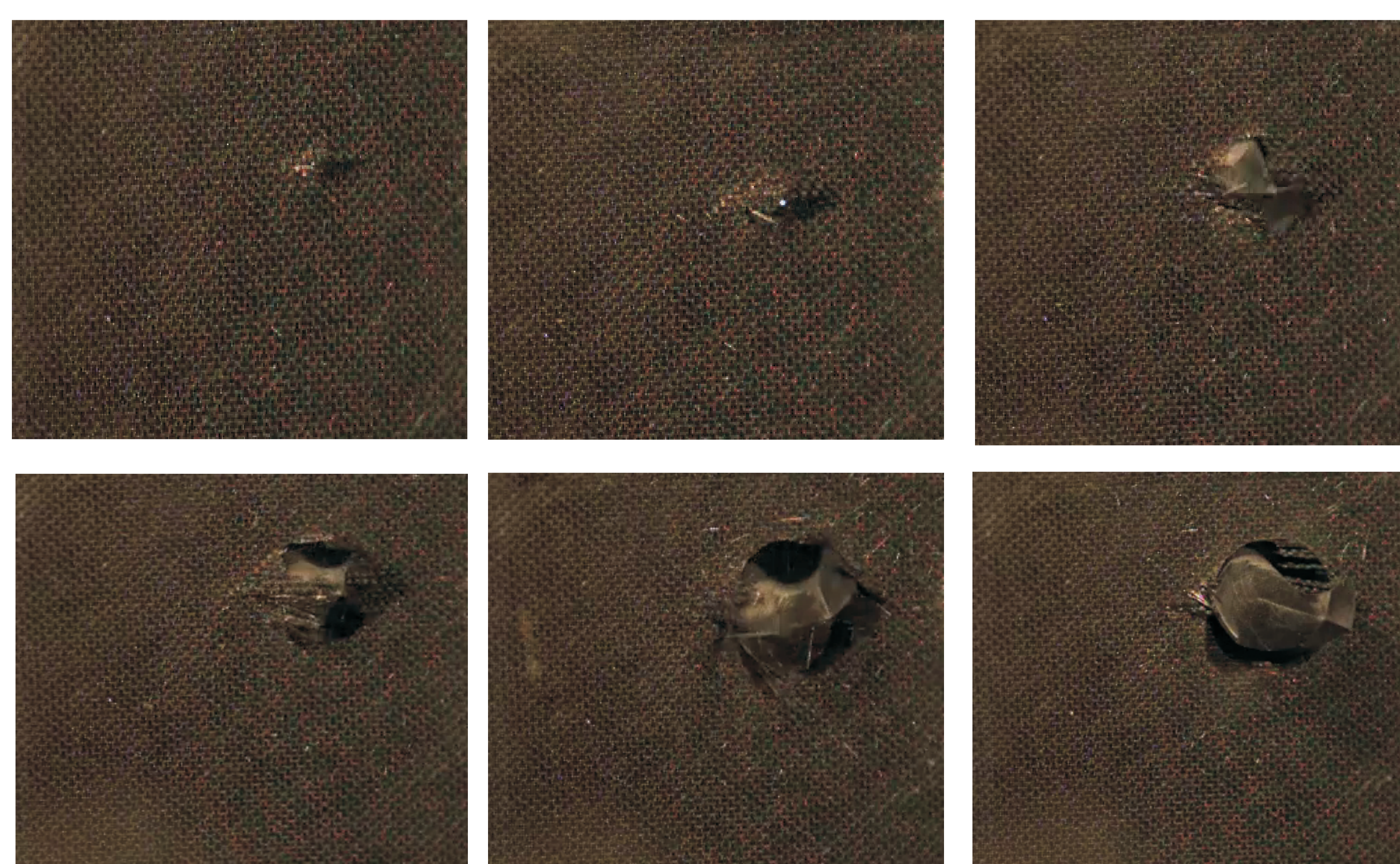
2.4. Testing Machine.

The picture below shows the successive stages of the formation mechanism of delamination. The first drilling phase - at the moment when the drill tip touches the underside of the laminate layer of plastic deformation observed, without losing its consistency - This is the moment of initiation of delamination. In the next phase we see a further expansion of the area of delamination - the interaction between the cutting edge and the bottom one laminae. The stiffness of the laminate is too small, to can be effectively cutting. In the next step can be observed the breakthrough point of the drill tip by the underlying laminae, which reduced stiffness of the fibers, thereby widening delamination phenomenon and the fiber pulling out.



Rys. 6. Kolejne etapy zjawiska delaminacji i wyciągania włókien podczas wiercenia materiałów kompozytowych MD

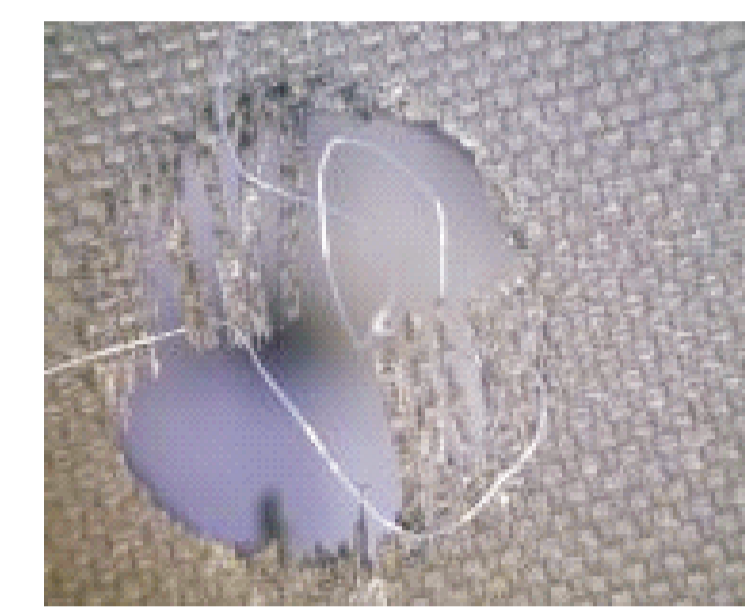
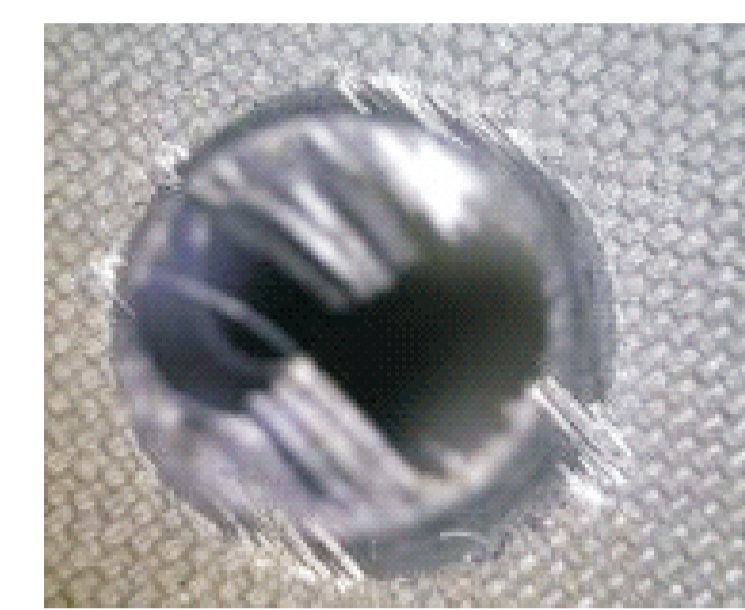
Fig.6. Next steps of delamination phenomena and pulling out of fibers during drilling of composite materials MD



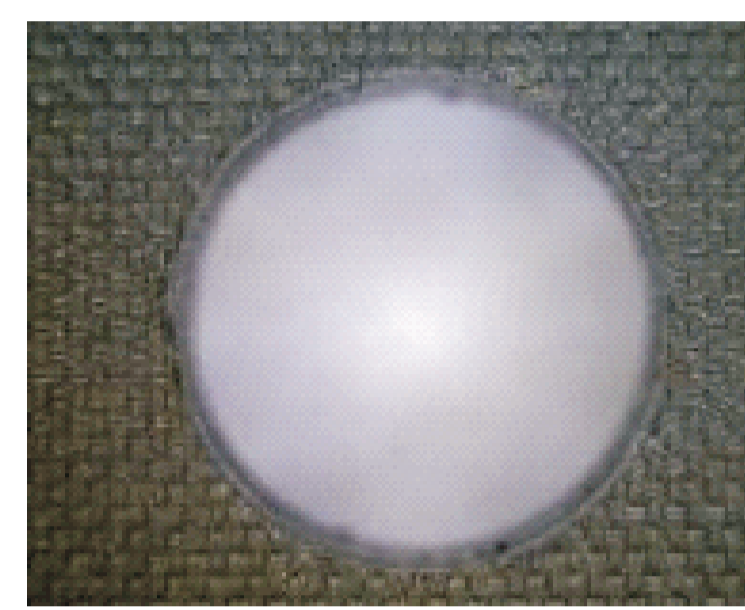
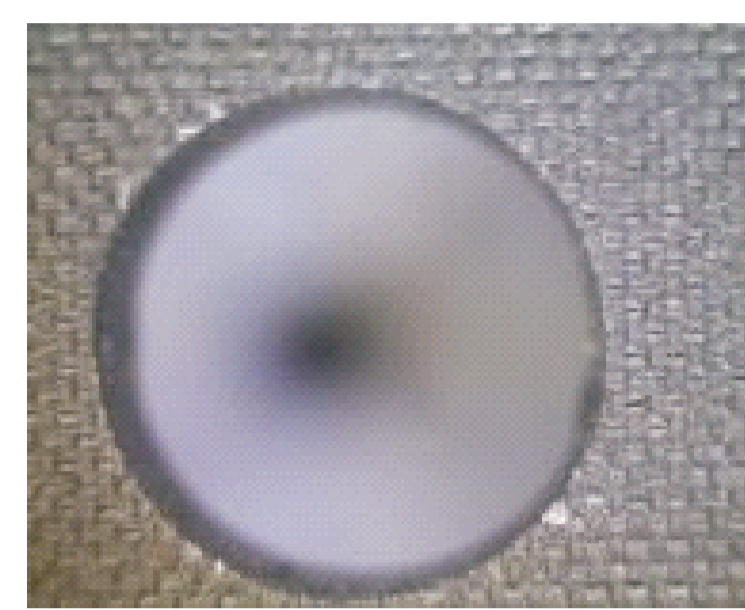
Rys.7. Kolejne etapy zjawiska delaminacji i wyciągania włókien podczas wiercenia materiałów kompozytowych UD

Fig.7. Next steps of delamination phenomena and pulling out of fibers during drilling of composite materials UD

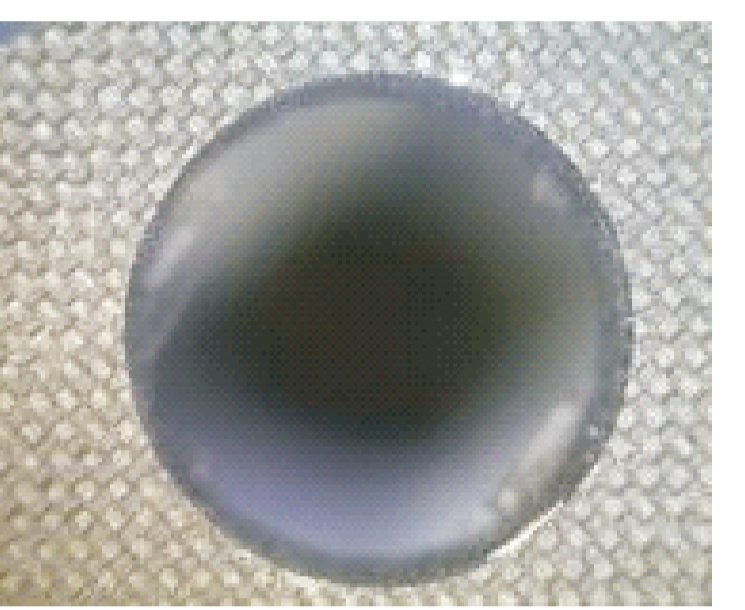
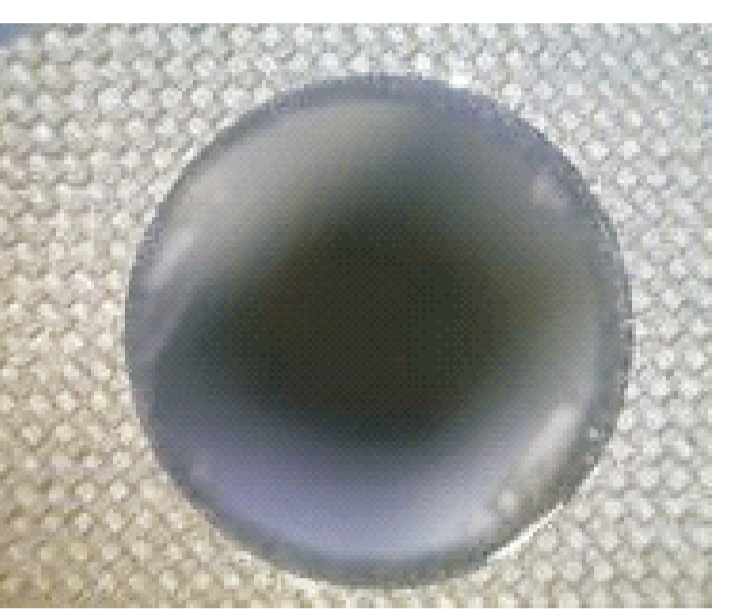
Standard composite drill



Modified drill curvature 150 mm



Modified drill curvature 100 mm



Rys.9. Efekty wiercenia z zastosowaniem wiertel o standardowej geometrii i wiertel o zmodyfikowanej geometrii

Fig.9. The effects of drilling using a drill with a standard drill bit geometry and with special geometry

Wnioski Conclusions

Wykonane badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- Wiercenie w materiałach kompozytowych wzmocnionych włóknom węglowym wymaga zastosowania specjalnie zmodyfikowanych wiertel
- delaminacja zostaje zainicjowana w momencie kontaktu ścinu wiertła z spodnimi warstwami laminatu
- w celu uniknięcia delaminacji podczas procesu wiercenia otworów montażowych konieczne jest zmodyfikowanie geometrii ścina wiertła jak również odpowiednie formowanie geometrii krawędzi skrawającej
- jeżeli podczas pierwszego etapu wiercenia, włókna nie będą efektywnie skrawane, dalsze zagłębianie narzędzia spowoduje nasilenie się zjawiska delaminacji i pozostawianie na powierzchni wyjścia nieskrawanych włókien

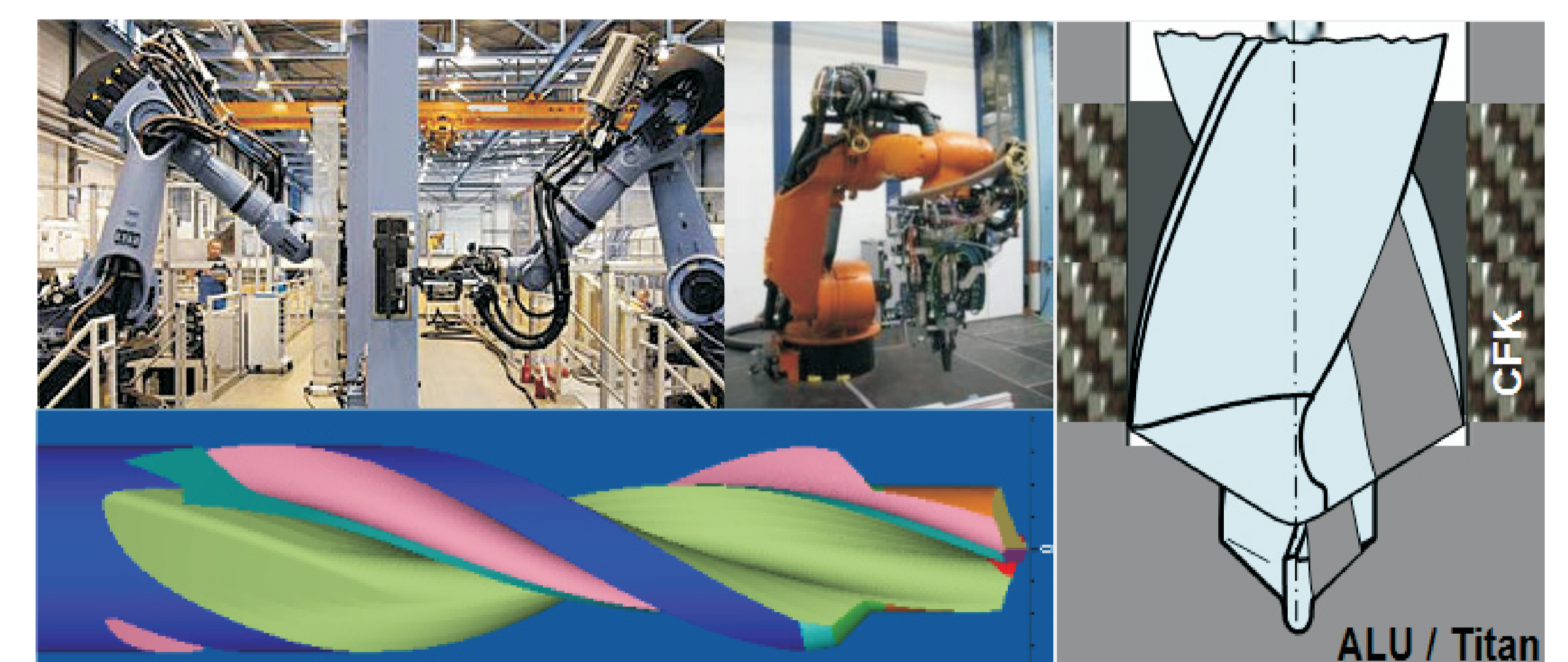
Completed research allows us to formulate the following conclusions:

- Drilling in composite materials with carbon fiber reinforced requires the use of specially modified drill
- Delamination is initiated upon contact between chisel edge of drill with the bottom laminate layers
- In order to avoid delamination during the drilling of mounting holes is necessary to modify the geometry of the drill chisel edge well as suitable molding geometry of the cutting edge
- If, during the first phase of drilling, the fibers are not effectively cut, sinking tool will further intensify of the phenomenon of delamination and leaving of the uncutted fiber on the output surface

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 łysinkami

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 łysinkami prowadzącymi do zastosowań na robotach wierzących.

Rys.15. Drill with double drill margins for applications for drilling robots.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- PZL Swidnik - frezy trzpieniowe PCD frezy kulowe PCD
- PZL Mielec - frezy trzpieniowe PCD

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. Piotr Tyczyński, Romana Ewa Śliwa, Robert Ostrowski: **Modification of tool geometry for unconventional slanting drilling of composites**, 9th INTERNATIONAL AEROSPACE SUPPLY on THE WINGS, Frankfurt, 28-30.X.2014
2. Romana Ewa Śliwa, Piotr Tyczyński: **Drilling of holes in composites of different structures using new tools**, The Twenty-second Annual International Conference on COMPOSITES/NANO ENGINEERING (ICCE-22), Malta, 13-19.VII.2014

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 (w procedurze wydawniczej)

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorska

Autor: Piotr Tyczyński;

Tytuł: **Modyfikacja parametrów geometrycznych wiertel do kąowego wiercenia w elementach o powierzchniach płaskich i cylindrycznych wykonanych z materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie**

Promotor: Prof. dr hab. inż. Romana Śliwa