

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

1. Charakterystyka materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie

Materiały kompozytowe wzmocnione włóknami węglowymi znajdują w ostatnich latach coraz szersze zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, w szczególności w przemyśle lotniczym i kosmicznym. Proces ten podyktowany jest przede wszystkim koniecznością znalezienia nowych alternatywnych rozwiązań materiałowych dla stopów aluminium i tytanu mających na celu zredukowanie ciężaru samolotów (tab. 1.). Sposób budowy materiałów kompozytowych daje praktycznie nieograniczone możliwości modyfikacji właściwości użytkowych, mechanicznych i wytrzymałościowych, przy jednoczesnym zachowaniu stosunkowo niewielkiej wagi. Te zalety niosą jedną z sobą duże wyzwanie dla firm zajmujących się produkcją narzędzi skrawających.

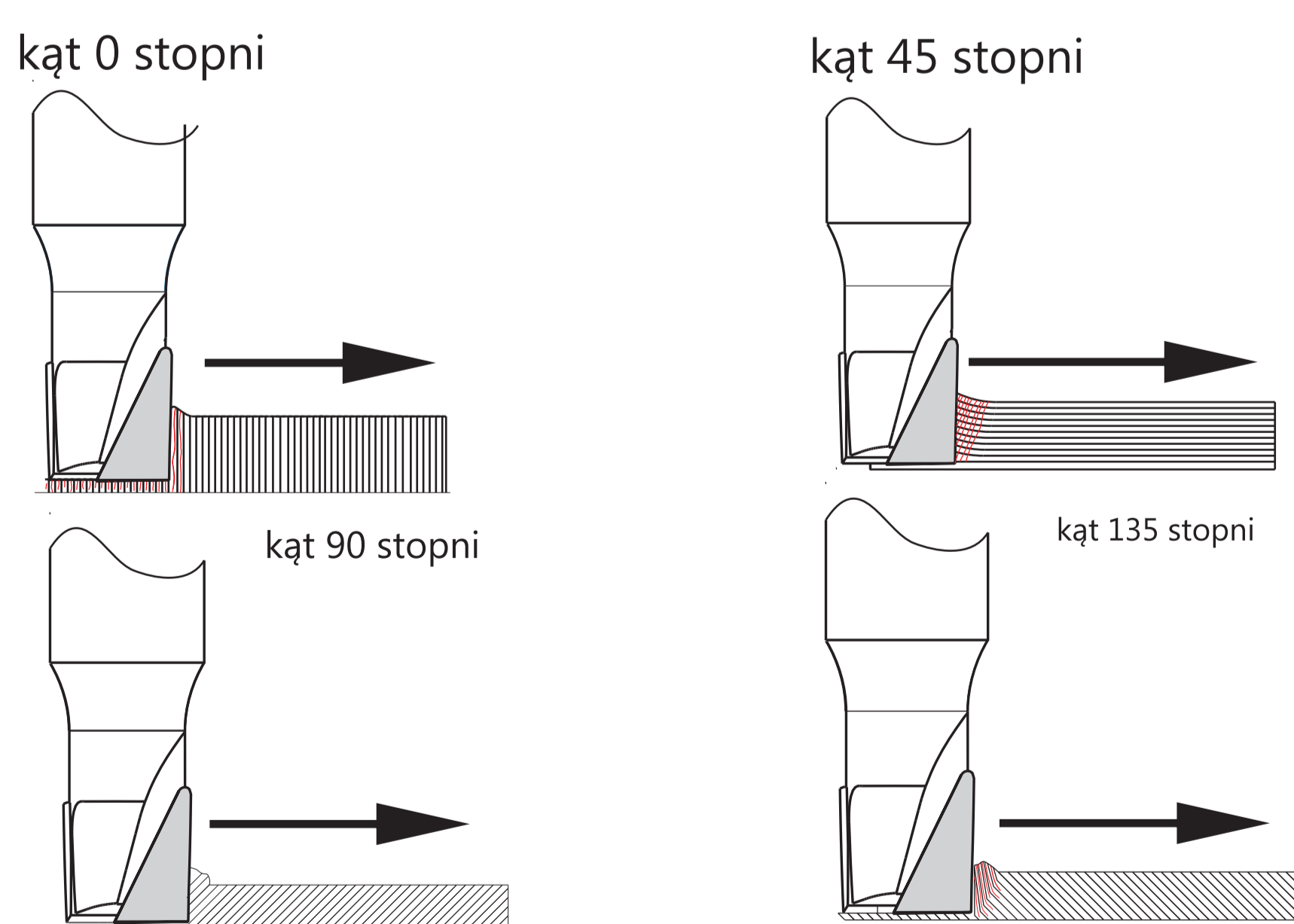
In recent years carbon fiber-reinforced composite materials have become one of the most interesting groups of materials, due to their unique properties like low weight, high strength and stiffness. The above mentioned properties make composite materials increasingly common in aviation and aerospace industries. Where reducing weight while maintaining stability is a key issue, finding new alternative material solutions seems to be the most important task (Table 1.). Composite materials have gained popularity in high-performance products that need to be lightweight, yet strong enough to take harsh loading conditions. Due to their structure, they gives limitless possibilities for modifications of their strength,

Material type	Machining parameters		Tensile strength [GPa]	Density [g/cm ³]
	Vc [mm/min]	f [mm/rev]		
alloy steels	55-70	0.1-0.3	0.400 (A36) 1.1 (AISI 4130)	7.8 7.85
cast iron	70-130	0.2-0.45	0.2	7.7-8.0
aluminum alloys (6063-T6)	70-400	0.1-1.2	0.3	2.63
titanium alloys (Ti-6Al-2Sn-1.5Zr-1Mo-0.35Bi-0.1Si)	20-50	0.08-0.18	1.04	4.5
Matrix				
matrix - polyamide resin	no data	no data	0.12	1.46
matrix - epoxy resin	no data	no data	0.035-0.085	1.38
carbon fiber	no data	no data	2.2-2.7	1.95
glass fiber	no data	no data	1.5-2.5	2.5
kevlar fiber	no data	no data	2.8-3.5	1.45
Composite material				
carbon fiber-reinforced composite	75-150	0.05-0.1	1.7	1.8
glass fiber-reinforced composite	75-150	0.1-0.3	1.5	2

Tabela 1. Porównanie właściwości mechanicznych - wytrzymałości na rozciąganie różnych grup materiałowych w odniesieniu do ich gęstości.
Table 1. mechanical properties – tensile strength of various materials in relation to their density..

Kąt pomiędzy kierunkiem skrawania, a orientacją włókien wpływa również na charakter procesu separacji materiału rys. 14.. Gdy obróbka przeprowadzana jest pod kątem 0° do orientacji włókien, laminat poddawany jest obciążeniu równoległym do kierunku włókien, dodatkowo powierzchnia pod krawędzią skrawania jest ścisana. Defekty materiałowe pojawiają się przed krawędzią skrawającą jako delaminacje, pęknięcia matrycy, lub pęknięcia międzywarstwowe. Pojedyncze pęknięcia mogą również pojawiać się poniżej krawędzi skrawającej (pochodzą one od siły naporu narzędzia). Wzrost kąta pomiędzy kierunkiem skrawania, a orientacją włókien, powoduje zmianę w oddziaływaniu narzędzia na materiał obrabiany, włókna są ścisane i zginane, co powoduje ich oddzielenie, może to powodować powstawanie defektów pomiędzy włóknami a matrycą. Kierunek, który jest najmniej korzystny do obróbki laminatów to przedział pomiędzy 30° do 60°. Podczas obróbki pod kątem 90° włókna są zginane i rozdzielane, w odróżnieniu do obróbki pod kątem 0° poszczególne włókna są skrawane osobno. Obciążenia ścisające prostopadłe do kierunku włókien powodują międzyfazowe pęknięcia widoczne na powierzchni wyrobu jak również utratę spójności pomiędzy poszczególnymi włóknami. Bardziej korzystna jest obróbka pod kątem 135°. Problemem stwarza jednakże fakt, że pojedyncze włókna mogą być wyciągane z materiału pod wpływem adhezyjnych wiązań pomiędzy materiałem obrabianym a narzędziem [2].

The angle between the machining direction and fibre orientation has an effect on the process of material separation fig. 14.. When the machining process is conducted at an angle of 0° to fibre orientation, the laminate is subject to loads parallel to fibre direction and the surface under the machining edge is additionally compressed. Material defects appear in front of the machining edge in form of delamination, die block fractures or interlaminar cracks. Single fractures may also appear beneath the machining edge (they come from the tool thrust). An increase of the angle between machining direction and fibre orientation results in a change of the tool reaction on the material machined. The fibres are compressed and bent which leads to their separation. This may result in defects between the fibres and die block. Direction which is least beneficial for laminate machining is a range between 30° to 60°. During machining at an angle of 90° the fibres are bent and separated and in comparison to machining at an angle of 0° individual fibres are machined separately. Compressing loads perpendicular to fibre direction cause interfacial cracks visible on the fabrication surface but also loss of cohesion between individual fibres. Machining at an angle of 135° is more beneficial. A problematic fact is that individual fibres may be extracted from the material under the influence of adhesive bonds between the tool and machined material



Rys. 1. Zależność sposobu rozdzielania włókien w zależności od wzajemnej orientacji włókien i kierunku skrawania.
Fig. 1. Dependency fiber separation process depending on the mutual orientation of the fibers and the cutting direction.

2. Testy - wiercenie elementów o powierzchniach skośnych

2. Tests - drilling of nonlinear surfaces

2.1 Cel badań - badania zostały podjęte w celu określenia wpływu parametrów skrawania - prędkości skrawania vc i posuwu osiowego fz, oraz modyfikacji geometrii wiertła na występowanie zjawisk negatywnych podczas wiercenia materiałów kompozytowych o powierzchniach skośnych

2.1 tests were carried to define the effect of factors such as: cutting speed, feed rate, drill geometry on negative phenomena during drilling of different types of composites with inclined surface.

2.2 Próbkę wykożystane do badań
- wymiary 250mmx250mmx5mm
- włókno węglowe AS7. Metoda wytwarzania: autoklaw, grubość pojedynczej warstwy to 0,131 mm, ilość warstw w próbkach -16, nominalny udział objętościowy włókien 60%.

Maszyna/Maschine
Deckel Maho 80 P., z sterowaniem Siemens 840D powerline

2.1Wiertło:

Na bazie standardowej geometrii wiertła dedykowanego do obróbki materiałów kompozytowych jednokierunkowych wykonane zostały wiertła o zmodyfikowanej geometrii. Modyfikacji poddane zostały:

- kat wierzchołkowy
- naroże wiertła
- ściń
- krawędź skrawająca
- łysinki prowadzące



2.1Drill:

On the basis of the standard geometry drills dedicated to unidirectional composites were made with a modified drill geometry. Modifications have been subjected:

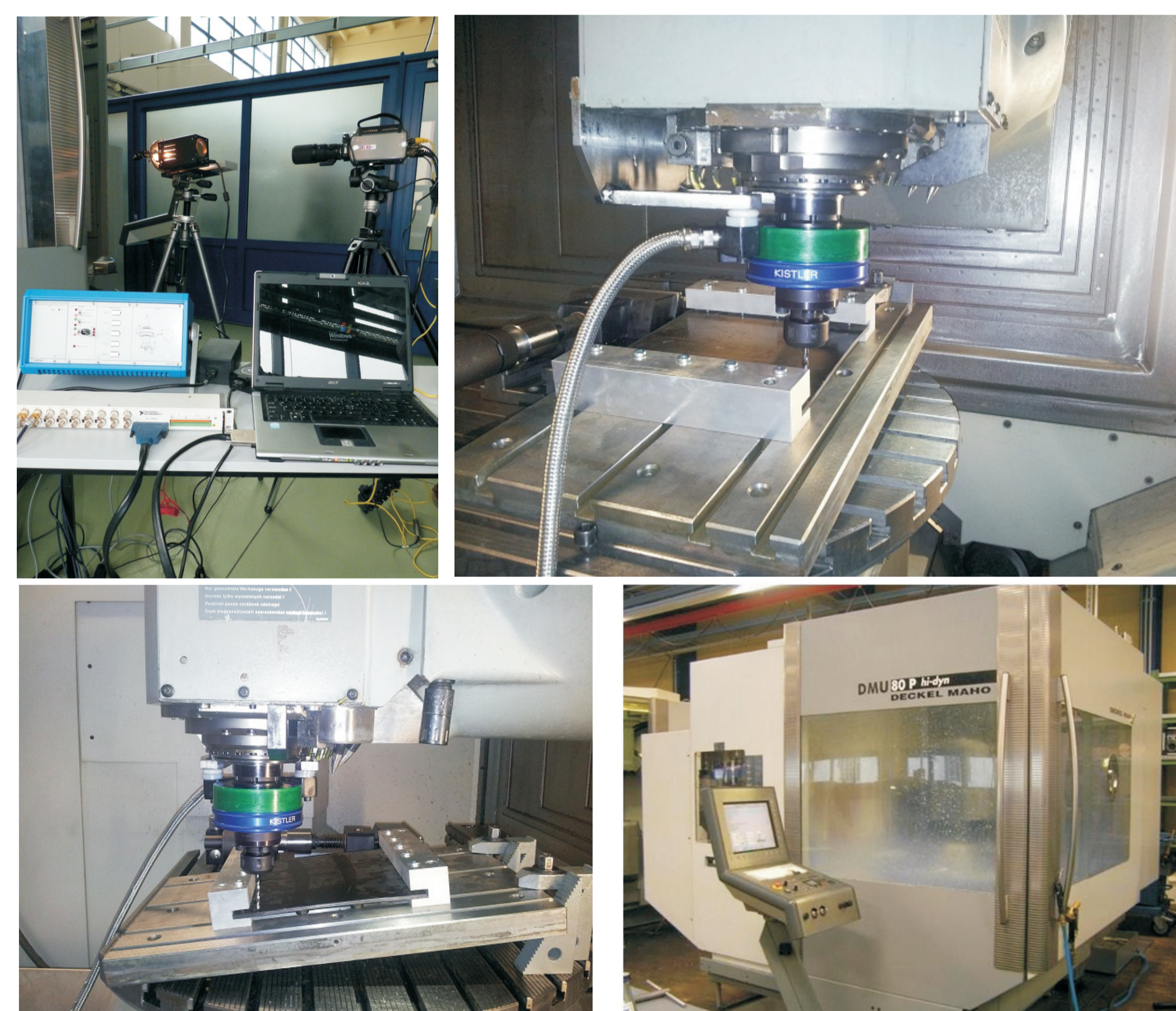
- point angle
- drill corner
- chisel edge
- cutting edge
- guide pads.

2.2. Stanowisko badawcze

- siłomierz Kistler
- przyrząd mocujący
- stanowisko do rejestracji sygnału
- mikroskop elektroniczny (do zapisu zużycia wiertła i i optycznej)

2. 2. Research station:

- polaroscope Vishay
- rotating dynamometer Kistler
- fastening equipment
- microscope (detection of tool wear and delamination)



Rys. 3. Stanowisko badawcze i centrum frezarskie DMU 80P wykorzystane do badań wiercenia skośnego
Fig. 3. The test stand and milling center DMU 80P used to test of slope drilling

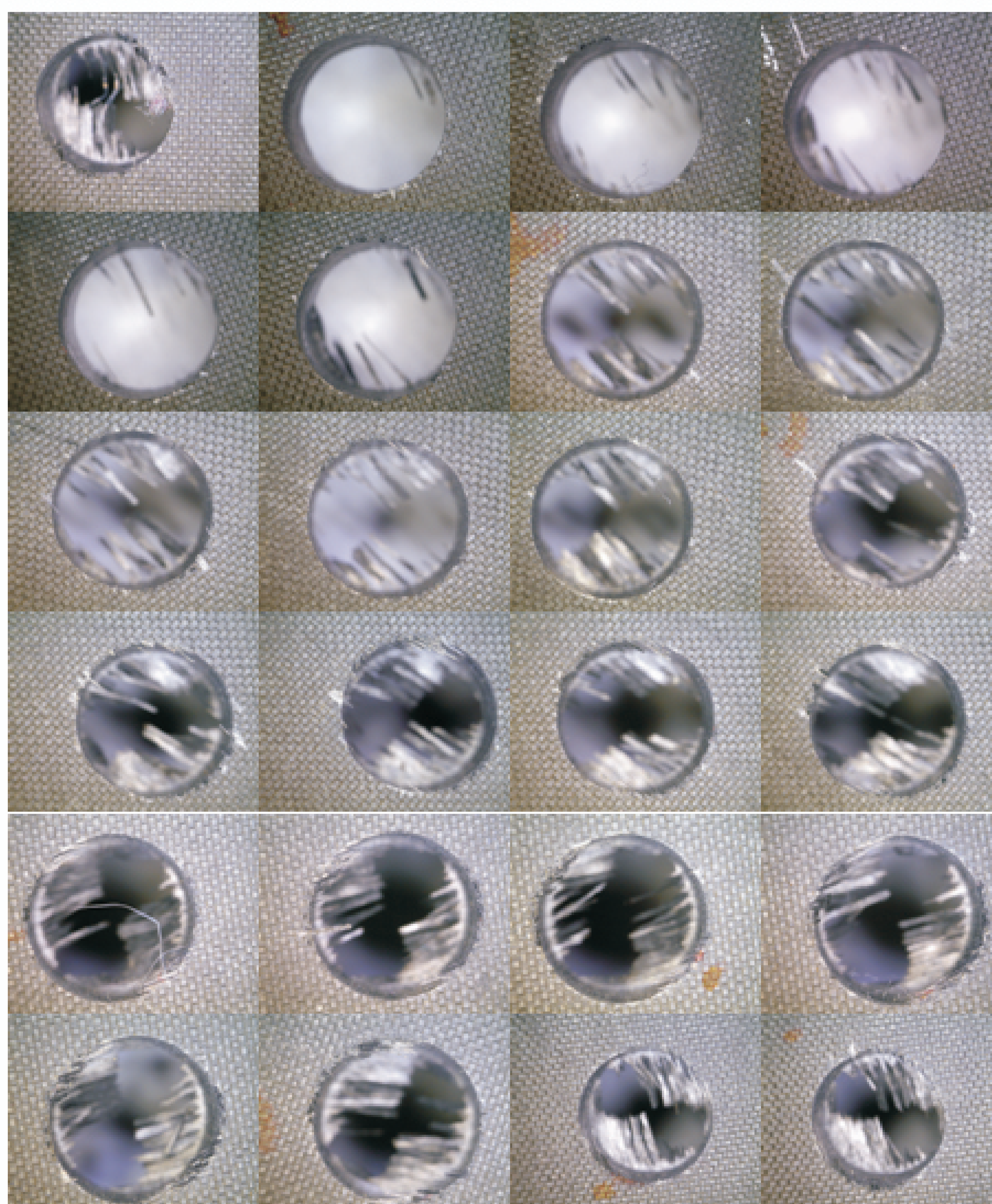
2.3. Płytki testowe

Próbki wykorzystane do badań wykonano z jednokierunkowego taśmowego prepregu węglowo-epoksydowego. Osnowa to żywica epoksydowa, zbrojenie włókna węglowe typu AS7. Metoda wytwarzania: autoklaw, grubość pojedynczej warstwy to 0,131 mm, ilość warstw w próbkach -16, nominalny udział objętościowy włókien 60%.

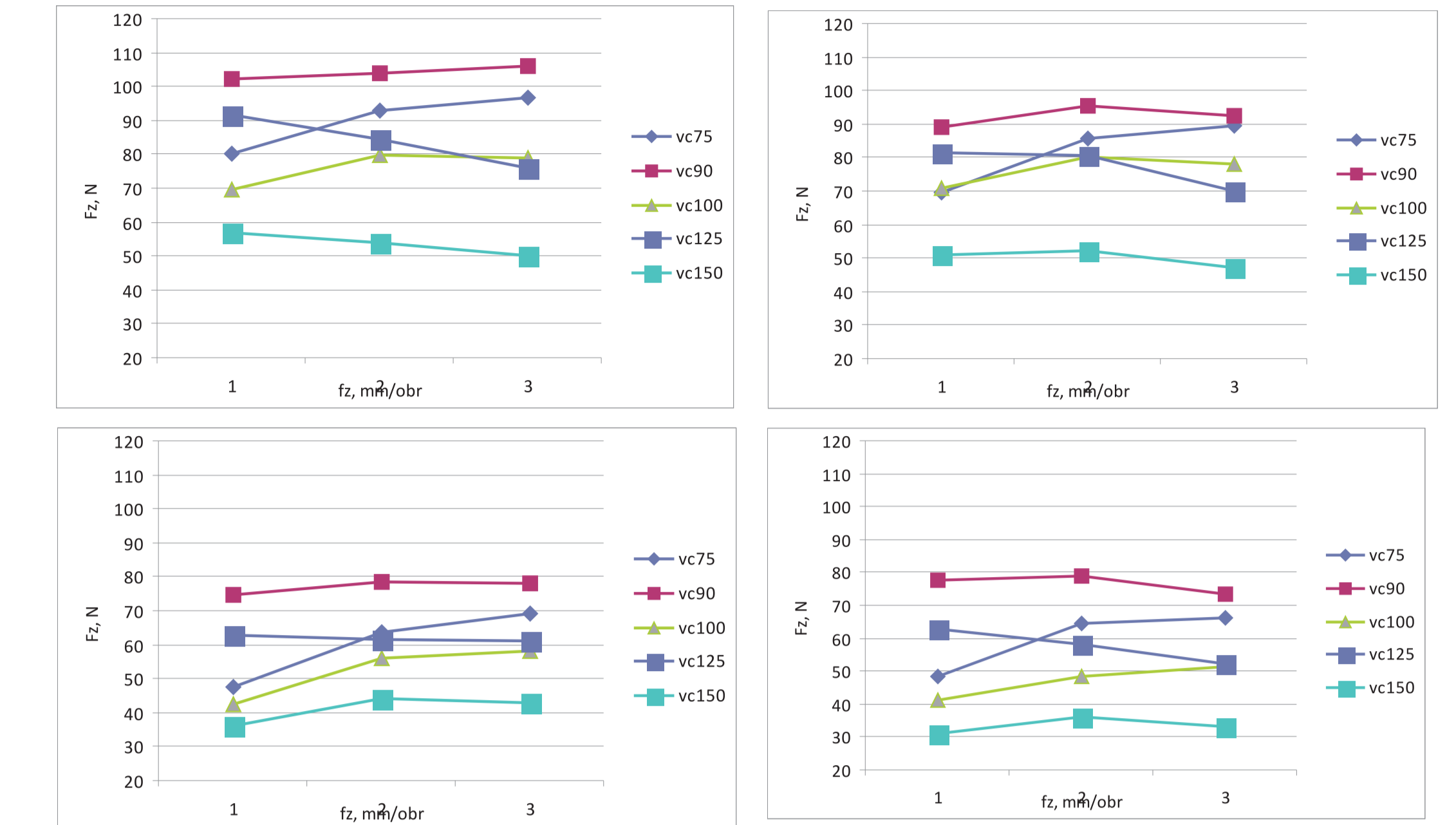
2.3 Tests plates made with unidirectional tape prepreg carbon-epoxy. Warp is epoxy resin, carbon fiber reinforcement type AS7. Method of preparation: the autoclave, the thickness of a single layer of 0.131 mm, the number of layers in the samples -16, nominal fiber volume fraction of 60%.

2.4 Wyniki testów

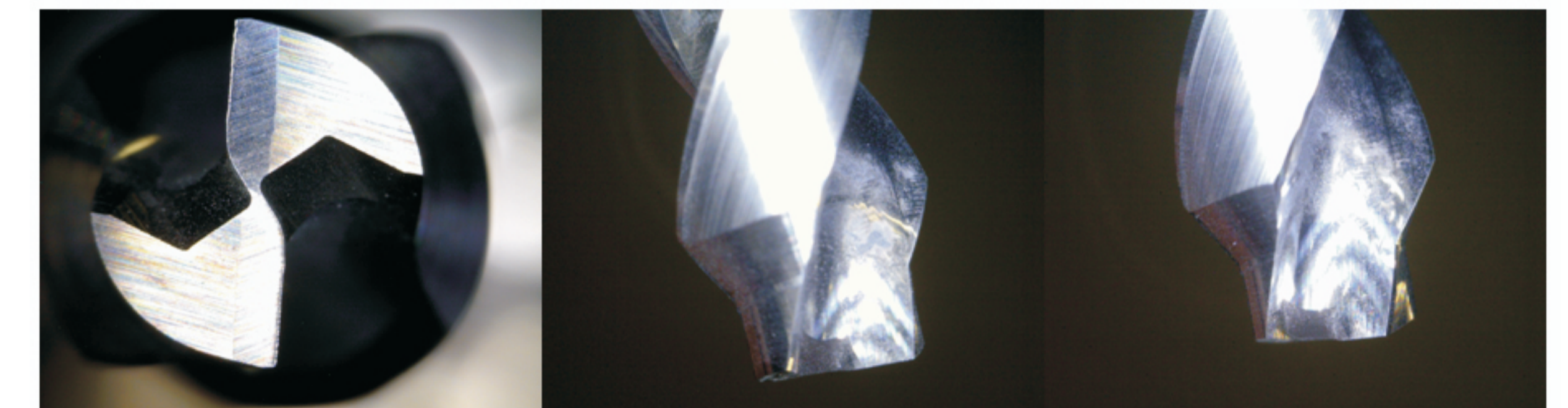
2.4 Test results



Rys. 4. Zdjęcie mikroskopowe otworów po wierceniu kątowym.
Fig. 4. Photo microscopic holes after slope drilling.



Rys. 5. Wykresy przedstawiające zmianę osiowych sił skrawania w zależności od parametrów skrawania i typu wiertła
Fig. 5. Graphs showing the change of axial cutting forces depending on the cutting parameters and the type of drill



Rys. 6. Wiertła wykorzystane do testów
Fig. 6. Drill used to test the

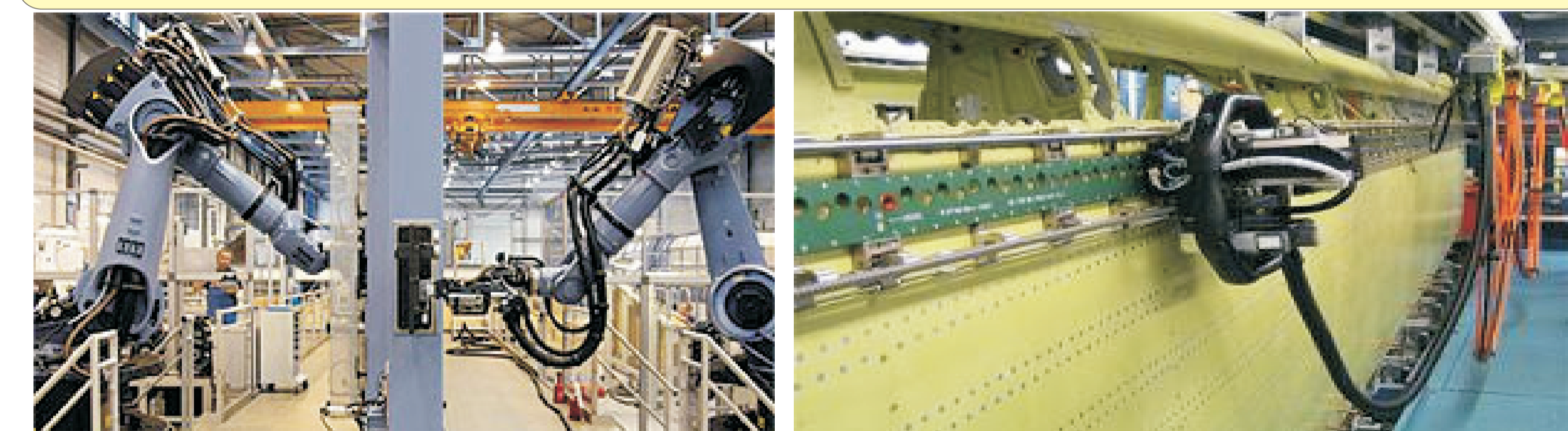
Wnioski Conclusions

- delaminacja warstw kompozytu spowodowana jest głównie osiowymi składowymi siły skrawania
- konieczna jest taka modyfikacja geometrii wiertła która spowoduje dystrybucję sił w kierunku promieniowym
- modyfikacja geometrii wiertła musi być dobrana w odniesieniu do kąta wiercenia (kąta pomiędzy osią wiertła a powierzchnia wierconego elementu)
- wzrost posuwu powoduje wzrost osiowych sił skrawania.
- modyfikacja prędkości skrawania ma stosunkowo mały wpływ na wartość osiowej siły skrawania
- z uwagi na żywotność wiertel, niezbędne jest zastosowanie pokryć ochronnych.

- Delamination of the composite layers is mainly due to the axial component cutting forces
- It is necessary to modify the geometry of the drill bit will Kotra distribution of forces in the radial direction
- Modification of the geometry of the drill must be adjusted for angle drilling (angle between the axis of the drill bit and drill the surface element)
- An increase in feed rate increases the axial cutting forces.
- Modification of the cutting speed has a relatively small impact on the value of the axial cutting forces
- In view of the life of drill bits, it is necessary to use protective coverings.

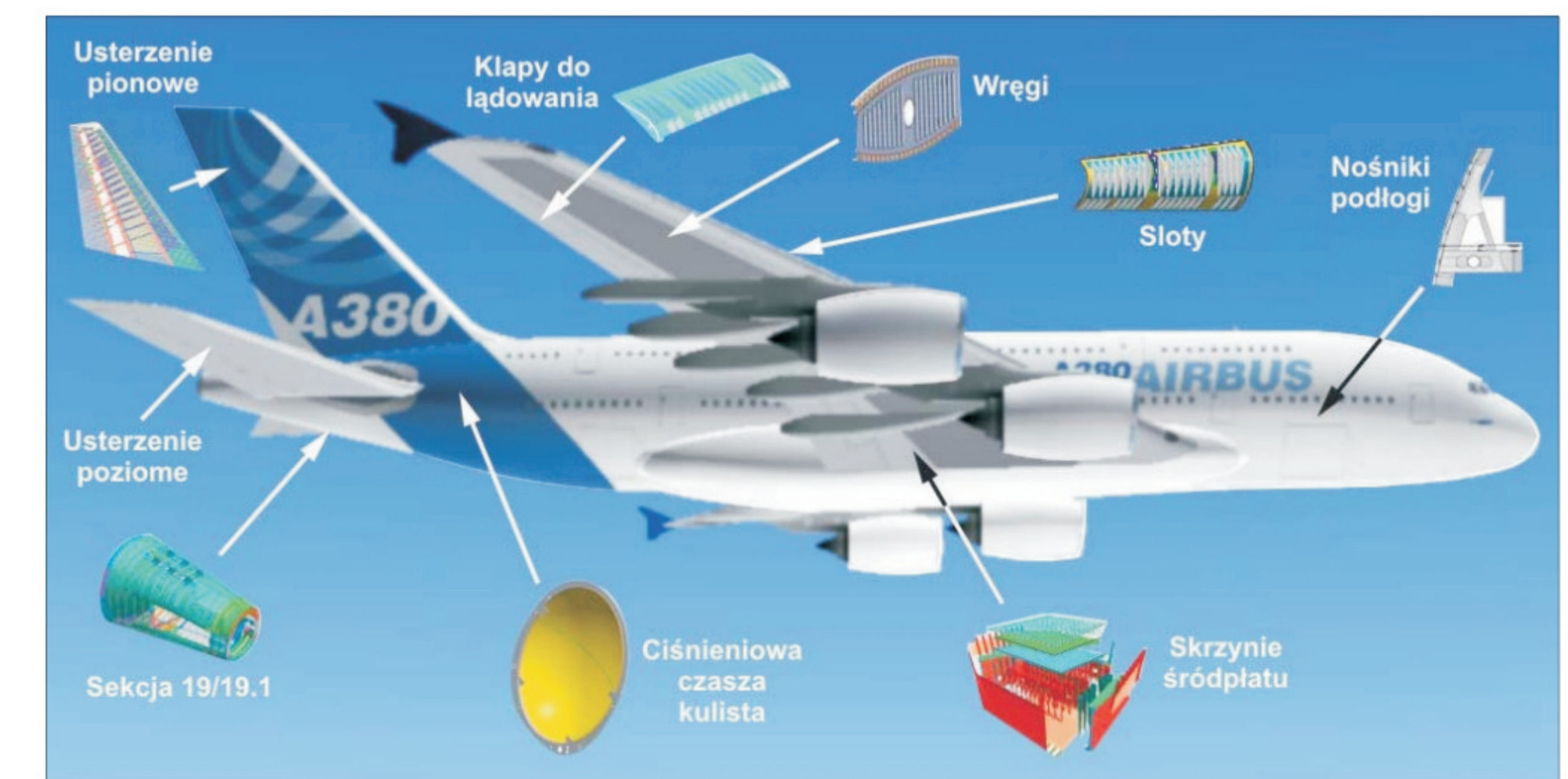
Przykłady zastosowania w lotnictwie

Examples ofMetalic composite materials in aerospace applications including material type Glare



Głównym zastosowaniem wiertel w przemyśle lotniczym jest wykonywanie otworów montażowych. Z uwagi na złożoność kształtów tych elementów, bardzo często zachodzi konieczność wykonywania otworów w elementach o powierzchniach niepłaskich i skośnych.

The main use of drills in the aerospace industry is to carry out the mounting holes. Due to the complexity of the shapes of these elements, very often it is necessary to make holes in the elements of non-flat and inclined surfaces.



Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- PZL Swidnik -
- PZL Mielec

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Prace doktorskie w realizacji:

Modyfikacja parametrów geometrycznych wiertel do kątownego wiercenia w elementach o powierzchniach płaskich i cylindrycznych wykonanych z materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie” - Piotr Tyczyński, Promotor: Dr hab. inż. prof. nadzw. Romana Ewa Śliwa,

Publikacje:

Problems during drilling of holes in composites materials for Hi-Iok® riveted joint, P.Tyczyński, R. Ostrowski, R. Śliw, T. Gałaczyński, 8th Int. Conference „Supply on the wings” Frankfurt, Germany.