

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

## Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych w tym materiały typu Glare Metallic composite materials in aerospace applications including material type Glare

### Wyniki badań Results

#### Wiercenie kompozytów o różnej strukturze z użyciem wiertła o nowej geometrii

#### Drilling of holes in composites of different structures using new tools

### 1. Charakterystyka materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie

Materiały kompozytowe wzmacniane 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 jedna 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 give limitless possibilities for modifications of their strength, mechanical and performance properties. However, all these advantages are a real challenge for machining tools manufacturers

### 1.2. Charakterystyka procesu skrawania materiałów kompozytowych

Bardzo znaczący wpływ na właściwości mechaniczne materiałów kompozytowych poza materiałem wzmocnienia i matrycy mają również kształt materiału wzmocnienia jak również aranżacja geometryczna w obszarze poszczególnych laminy jak również w obszarze całego kompozytu. Wszystkie opisane powyżej elementy budowy materiałów kompozytowych dają bardzo szerokie możliwości kształtowania ich właściwości mechaniczno eksploatacyjnych, z drugiej jednak strony diametralnie zmieniają właściwości skrawane, co wymusza konieczność stosowania narzędzi o odpowiednio dostosowanej geometrii. Specyficzne cechy materiałów kompozytowych takie jak bardzo dobra właściwości wytrzymałościowe przy stosunkowo niewielkiej wadze, odporność na korozję, praktycznie nieograniczone możliwości modyfikacji mikro i makrostruktury dają możliwość wymagających zastosowań technicznych, ale też konieczność opracowania niestandardowych metod obróbki.

### 1.2. Characteristic of cutting proces of laminates

Mechanical properties of composite materials depend on their individual properties but also their components, shape and size, mutual spatial configuration and the volume fraction of composite components. All the elements of the composite structure give a vast range of possibilities for modification of their mechanical and performance properties. However, all these advantages cause changes of composite material machinability, which in turn, enforces the application of tools of properly modified geometry.

### 2. Testy - wiercenie elementów o powierzchniach skosnych 2. Tests - drilling of nonlinear surfaces

2.1 Cel badań - badania zostały podjęte w celu określenia granicznego progu żywotności wiertła o zmodyfikowanej geometrii (wiertła pokrywanych i niepokrywanych).  
2.1 Objective tests - tests have been entered into in order to determine the tool life with modified geometry (coated and uncoated drills).

2.2 Próbkę wykorzystane do badań  
- wymiary 250mmx250mmx5mm  
- promień krzywizny R150  
- włókno węglowe AS7. Metoda wytwarzania: autoklaw, grubość pojedynczej warstwy to 0,131 mm, ilość warstw w próbkach -16, nominalny udział objętościowy włókien 60%.



Rys. 1. Wiertło wykorzystane do testów  
Fig. 1. Drill used to test the

### 2.3. Wiertło:

Na bazie standardowej geometrii wiertła dedykowanego do obróbki materiałów kompozytowych jednokierunkowych wykonane zostały wiertła o zmodyfikowanej geometrii. Modyfikacji poddane zostały:  
kat wierzchołkowy, naroże wiertła, ścin, krawędź skrawająca, łysinki prowadzące

### 2.3. Drill:

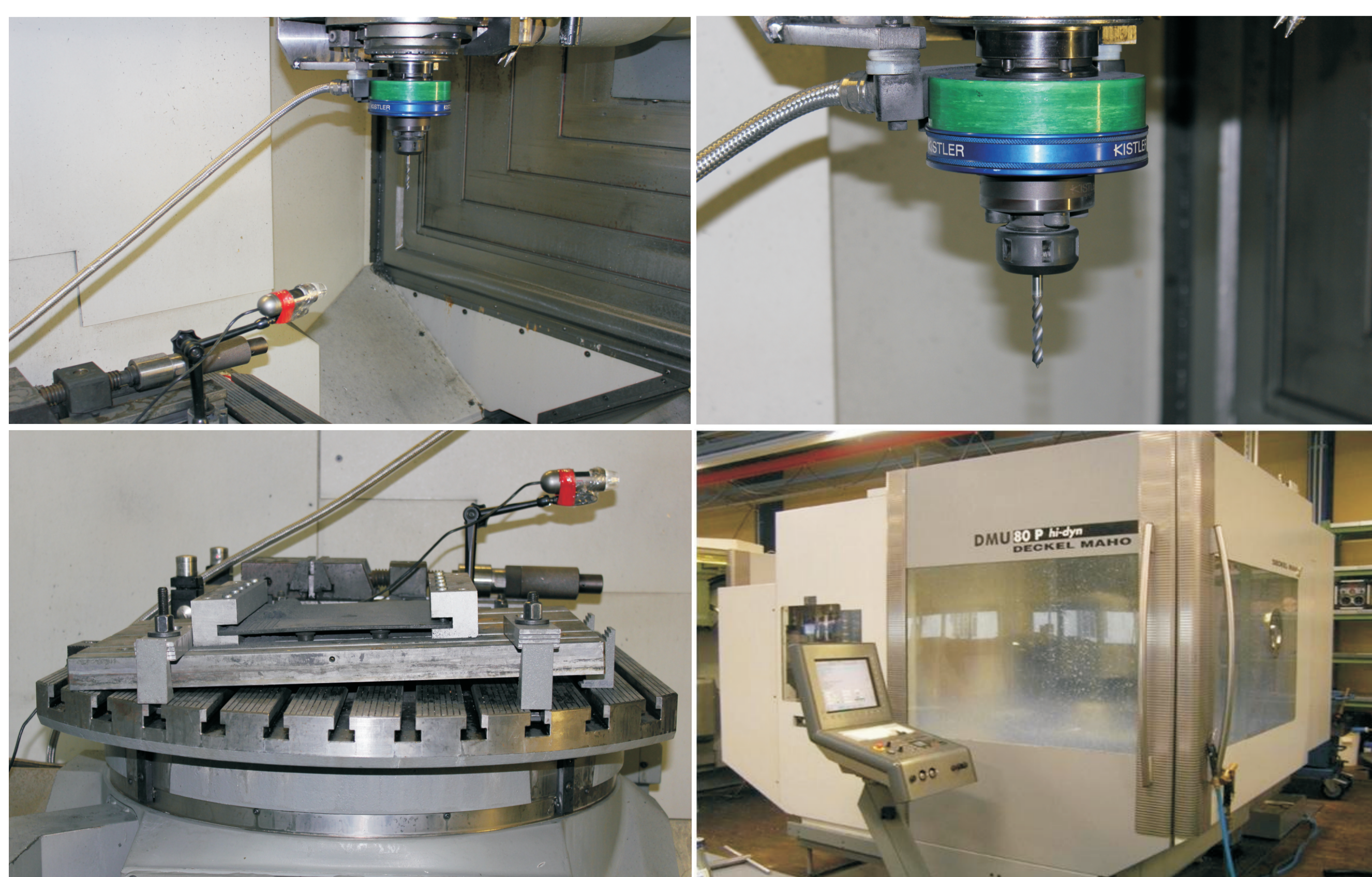
On the basis of the standard geometry drills dedicated to unidirectional composites were made with a modified drill geometry. Modifications have been subjected:  
point angle, drill corner, chisel edge, cutting edge, guide pads.

### 2.4. Stanowisko badawcze

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

### 2.4. Research station:

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



Rys. 2. Stanowisko badawcze i centrum frezarskie DMU 80P wykorzystane do badań wiercenia skośnego  
Fig. 2. The test stand and milling center DMU 80P used to test of slope drilling

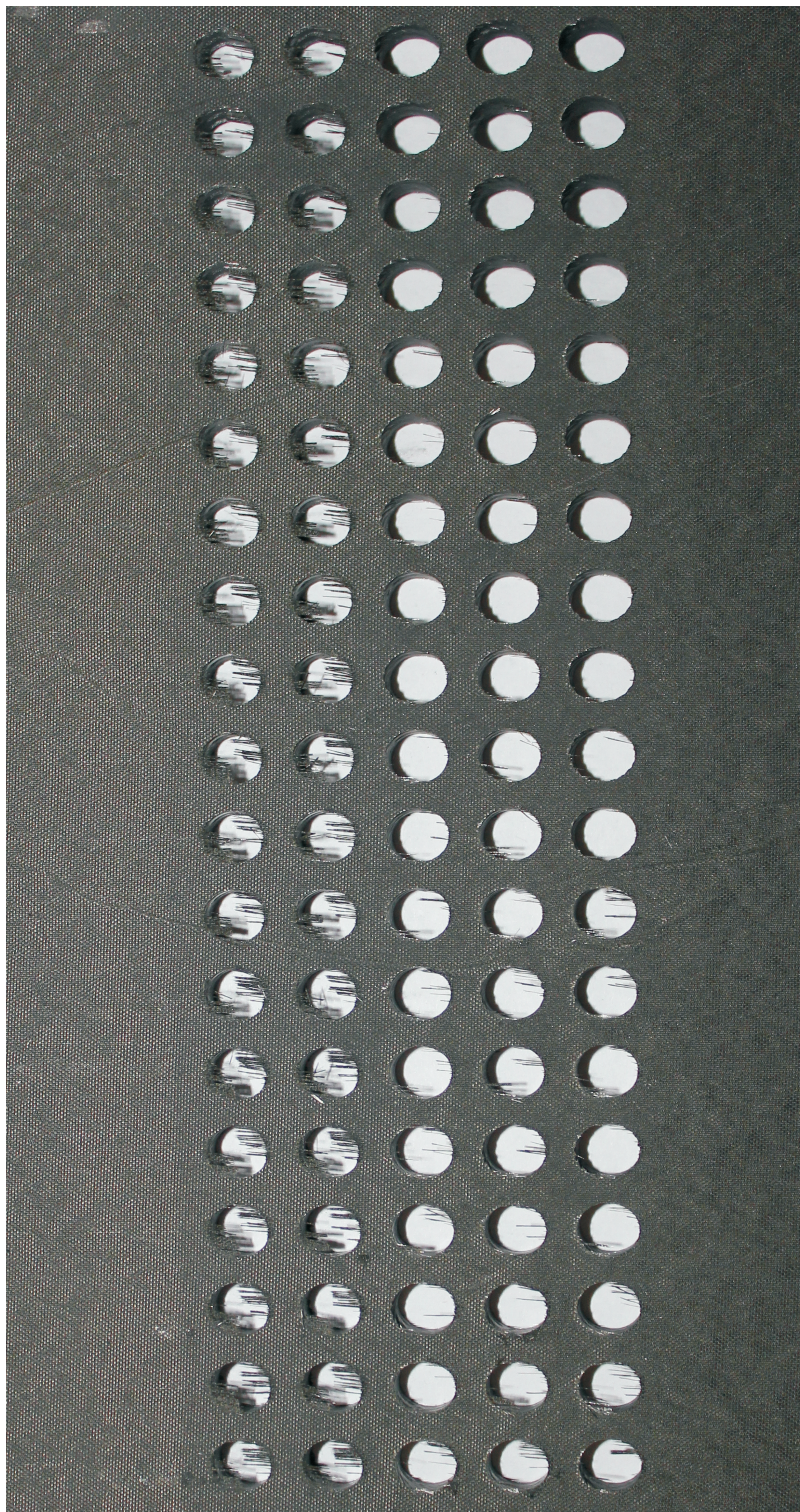
### 2.5. Płytki testowe

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%.

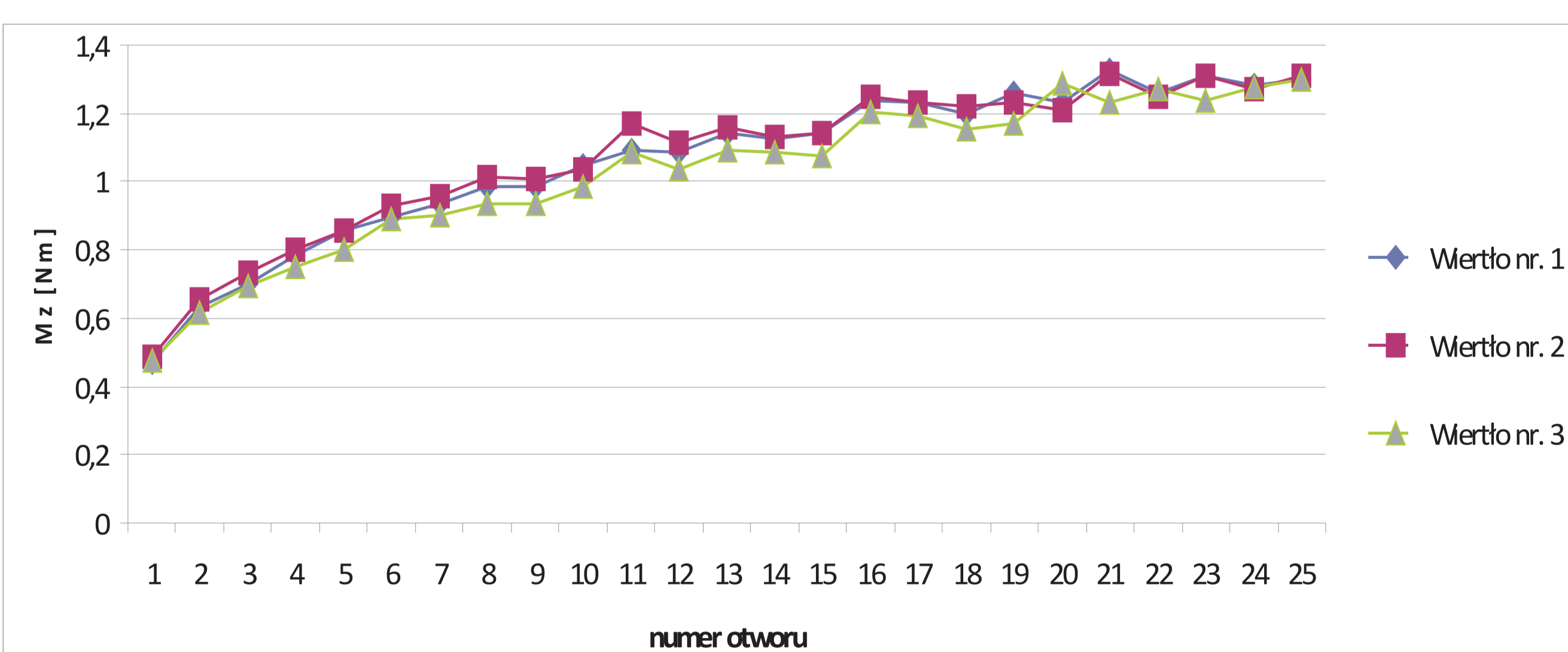
2.5. Tests plates made with unidirectional tape prepreg carbon-epoxy. Warp is epoxy resin, carbon fiber reinforcement type AS7. Method of preparation: the autoclave, the thickness of a single layer of 0.131 mm, the number of layers in the samples -16, nominal fiber volume fraction of 60%.

### 2.6. Wyniki testów

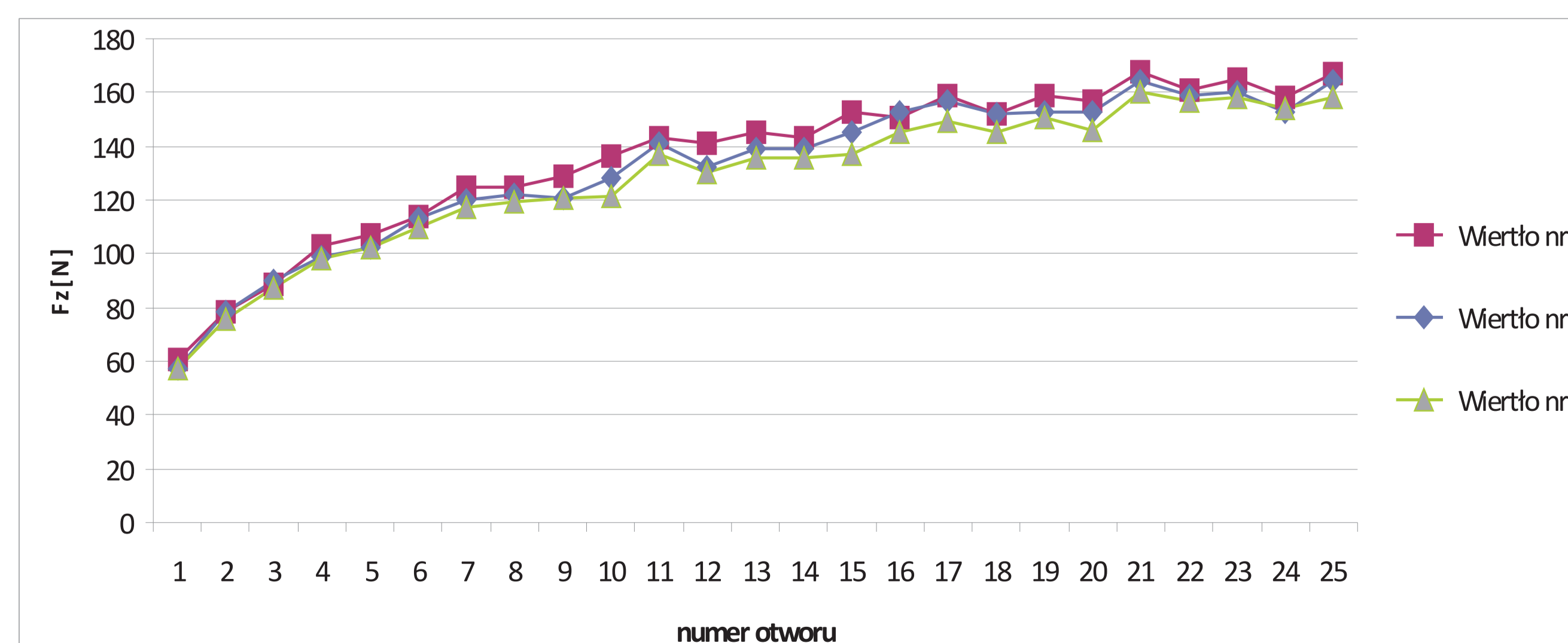
### 2.6. Test results



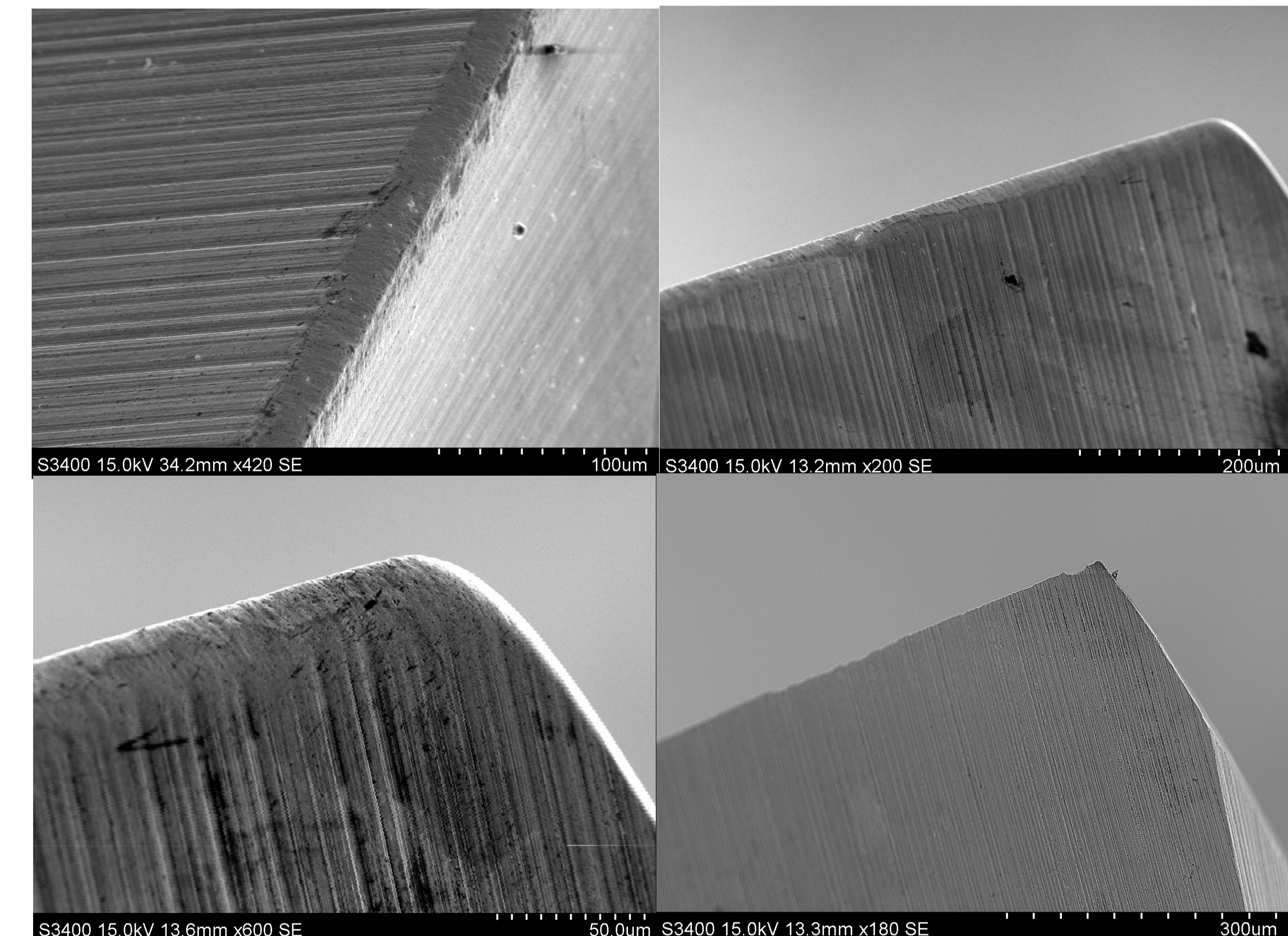
Rys. 3. Widok postępującej delaminacji wraz z stopniowym zużywaniem się wiertła.  
Fig. 3. View progressive delamination along with the gradual wear of the drill.



Rys. 4. Wykres przedstawiający zmianę wartości momentu wiercenia wiertła wraz z rosnącą liczbą wykonywanych otworów, podczas wiercenia pod kątem 3 stopni.  
Fig. 4. Graph showing the change in the value of the drilling torque of the drill with the increasing number of made holes when drilling at an angle of 3 degrees.



Rys. 5. Wykres przedstawiający zmianę wartości osiowej siły naporu wiertła wraz z rosnącą liczbą wykonywanych otworów, podczas wiercenia pod kątem 3 stopni.  
Fig. 5. Graph showing the change in the value of the axial thrust force of the drill with the increasing number of made holes when drilling at an angle of 3 degrees.



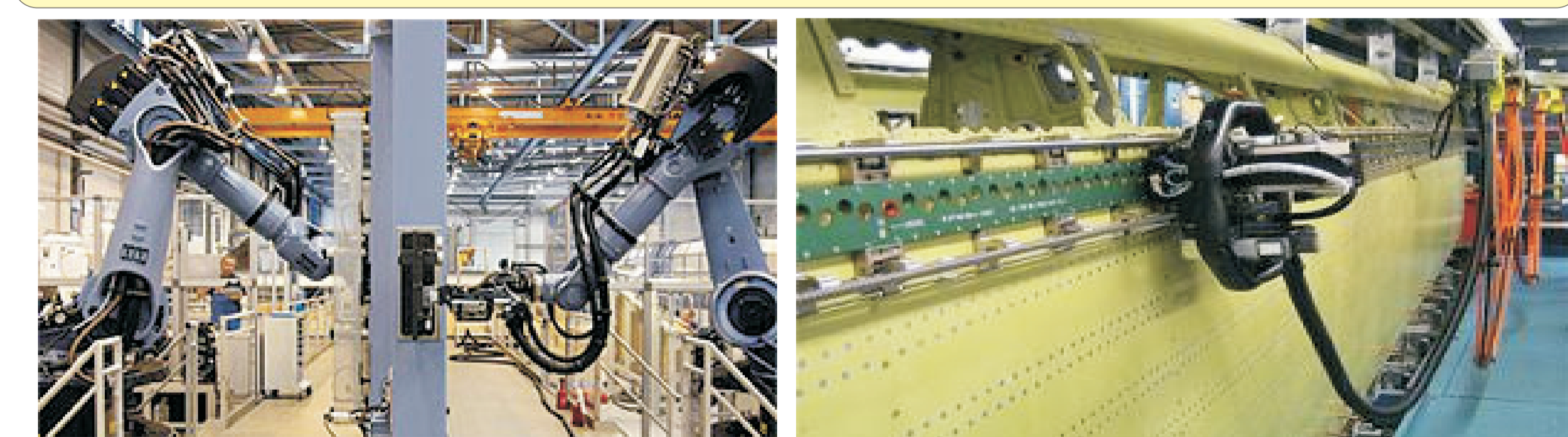
Rys. 6. Zdjęcia zużycia wiertła  
Fig. 6. Tool wear

### Wnioski Conclusions

- Elementy wzmocnienia materiałów kompozytowych powodują bardzo dynamiczne zużywanie się wiertła
- zużycie ma głównie charakter ścierny
- zużycie obserwujemy w postaci zatepienia krawędzi skrawającej, w znacznie mniejszym stopniu (praktycznie niezauważalnym) można zaobserwować zużycie na łysinkach prowadzących.
- zastosowanie pokrycia ochronnego powoduje jednak również zjawiska niepożądane, takie jak wzrost wartości siły skrawania.
- konieczne jest bardzo rozważne dobieranie rodzaju pokrycia ochronnego
- niezbędne jest odpowiednie dopasowanie grubości warstwy pokrycia ochronnego w odniesieniu do danego typu materiału kompozytowego.

- Composite materials make a very dynamic wear of the drill
- Consumption is predominantly abrasive
- Tool wear would be observed in the form of cutting edge wear, to a much lesser extent (almost unnoticeable) can be observed in the consumption drill margin.
- The application of a protective cover also causes undesirable phenomena such as the growth of the cutting forces.
- The type of protective covering must be very prudent matching
- It is necessary to appropriately adjusting the thickness of the cover layer of protection with respect to the type of composite material.
- In view of the life of drills, it is necessary to use protective coverings.

### Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of metallic composite materials in aerospace applications including material type Glare



Głównym zastosowaniem wiertła 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.

### SECONDARY STRUCTURES



### Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- PZL Swidnik/Agusta Westland
- PZL Mielec/Sikorsky Company

### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

#### Referaty

1. Romana Ewa Śliwa, Tyczyński Piotr - *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. P. Tyczyński, R. Ostrowski, R.E. Śliwa, J. Lemańczyk: *Drilling of CFR, GFRP, GLARE composites*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 2014, vol:86, issue:4

#### Prace mgr, dr, hab.

#### Prace doktorskie w realizacji:

1. Piotr Tyczyński - *Modyfikacja parametrów geometrycznych wiertła do kąowego wiercenia w elementach o powierzchniach płaskich i cylindrycznych wykonanych z materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie* - Promotor: Romana Ewa Śliwa, status - w trakcie realizacji