Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym
Modern material technologies in aerospace industry

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

KONFERENCJA
RADY PARTNERÓW CZT AERONET
KONFERENCJA ROCZNA PKAERO
9 - 10 Grudnia 2013

ZB9

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

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 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 ze 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,

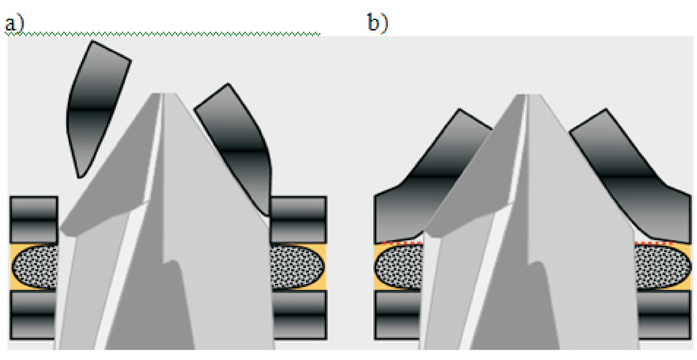
1. Charakterystyka procesu skrawania materiałów kompozytowych
1. Characteristic of cutting proces of laminates

Kąt obróbki	Przebieg obróbki
0°	Kąt 0° pęknięcia
45°	Kąt 45° ściskanie włókien pęknięcia m.laminarne
90°	Kąt 90° pęknięcia matrycy
135°	Kąt 135° pęknięcia matrycy

Tabela 1. Charakterystyka procesu skrawania materiałów kompozytowych w zależności od kierunku przebiegu włókien
Table 1. Characteristics of the cutting processc of omposite materials with different direction of the fibers,

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 skrawana osobno. Obciążenia ściskające prostopadłe do kierunku włókien powodują międzyfazowe pęknięcia widoczne na powierzchni wyrobu jak również utratę spójności pomiędzy poszczególnymi włóknami. Bardziej korzystna jest obróbka pod kątem135°.

Direction which is the least favorable for thecutting of the laminates is the range between 30 ° and 60 °. During the cutting at 90 ° fibers are bent and separated, in contrast to treatment at 0 ° individual fibers are machined separately. Compressive loads perpendicular to the direction of the fibers cause interfacial cracks visible on the surface of the article as well as loss of cohesion between the individual fibers. More preferred is a treatment at kątem135 °.



Rys. 1. Efekt wiercenia wiertłem ze specjalną geometrią łysinek prowadzących umożliwiającą skrawanie włókien, a) wiertło specjalne, b) wiertło standardowe
Fig. 1. The effect of drilling with drill with special drill margines wchich allow cutting of fibers, a) special drill , b) standard drill

Mnogość typów materiałów kompozytowych powoduje, że niezbędna jest odpowiednią modyfikacja geometrii wiertła z uwzględnieniem aranżacji geometrycznej kompozytu jak również materiału elementów składowych. Różnorodność kształtów części wymusza konieczność wiercenia w powierzchniach swobodnych (powierzchnie łukowe, powierzchnie swobodne, rury itp.) przy czym każda modyfikacja pociąga za sobą zmianę właściwości skrawnych tych materiałów. Dotychczasowe badania przeprowadzane były w większości nad procesami wiercenia w elementach o powierzchniach płaskich. Kolejnym wyzwaniem jest optymalizacja geometrii wierteł przeznaczonych do wykonywania otworów w powierzchniach swobodnych czy też wiercenia kątowego.

A multitude of types of composite materials makes it necessary for an appropriate modification of the geometry of the drill, taking into account the geometrical arrangement of the composite material as well as components. Variety of shapes parts necessitates drilling in areas free (curved surfaces, free-form surfaces, pipes, etc.) and each modification entails changing the cutting properties of these materials. Previous studies were carried out in most of the processes of drilling in parts of the flat surfaces. Another challenge is to optimize the geometry of the drill for making holes in surfaces free or angular drilling.

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

2.1 Cel badań - badania zostały podjete w celu określenia wpływu parametrów skrawania - prędkości skrawania vc i posuwu osiowego fz, oraz modyfikacji geometrii wiertła na wystepowanie 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 Próbki 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

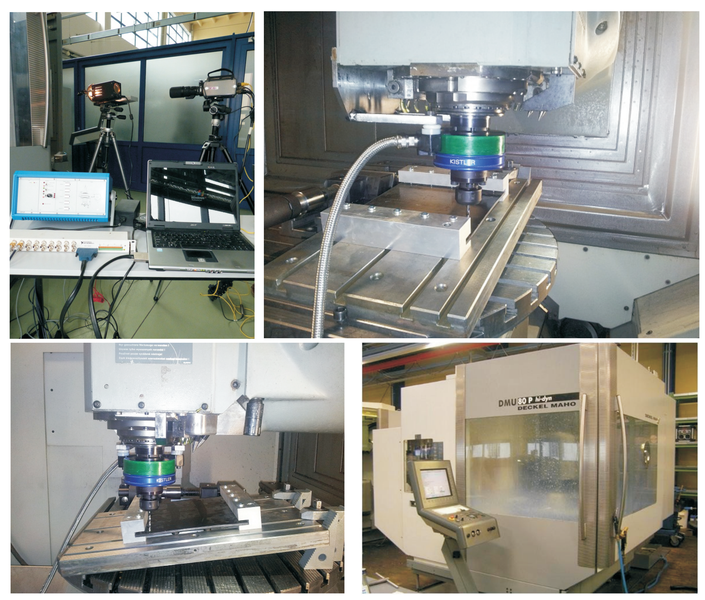
2.1Wiertło:
Na bazie standardowej geometrii wiertła dedykowanego do obróbki materiałów kompozytowych jednokierunkowych wykonane zostały wiertła o zmodyfikowanej geometrii.
Modyfikacji poddane zostały:
kat wierzchołkowy
naroże wiertła
ścin
krawędź skrawająca
łysinki prowadzące

Rys. 2. Wiertło wykorzystane do testów
Fig. 2. Drill used to test the

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

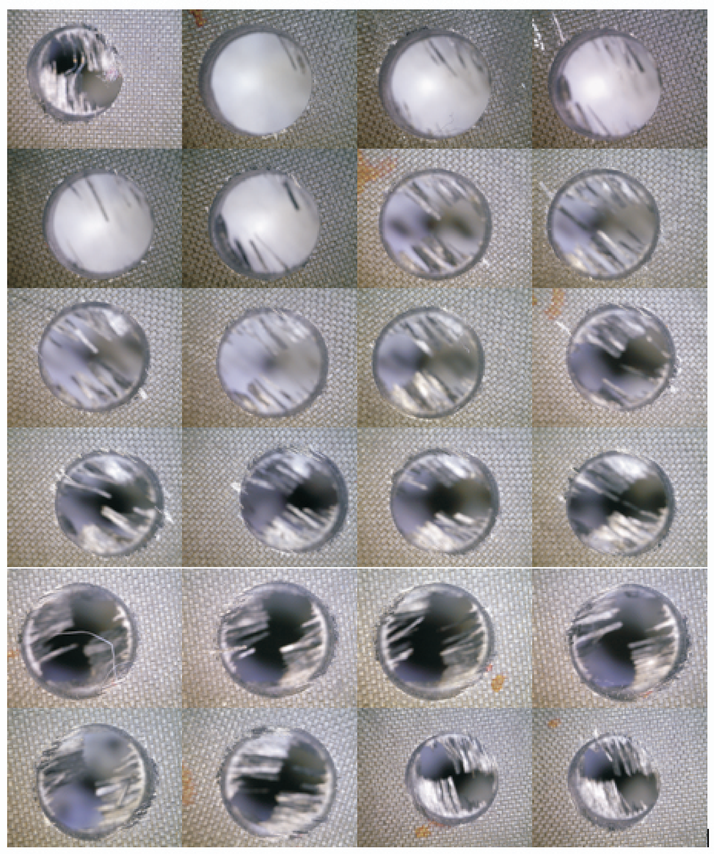
2. 2. Research station:
polaroscope Vishay
rotating dynamometer Kistler
fastening equipment
microscope
(detection of tool wear and delamination)



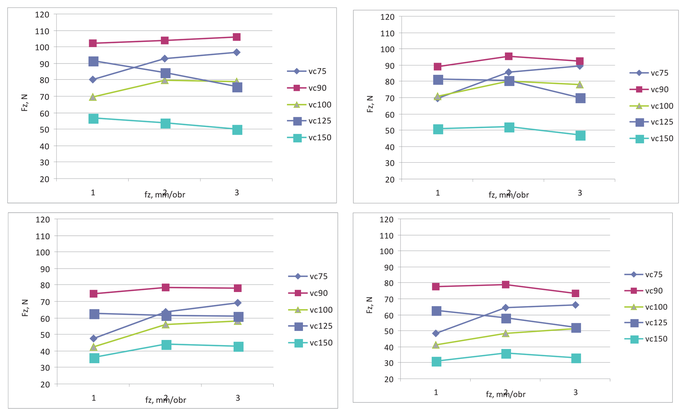
Rys. 3. Stanowisko badawcze i centrum frezarskie DMU 80P wykorzystane do badań wiercenia skośnego
Fig. 3. The test stand and milling center DMU 80P used to test of slope drilling

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%.

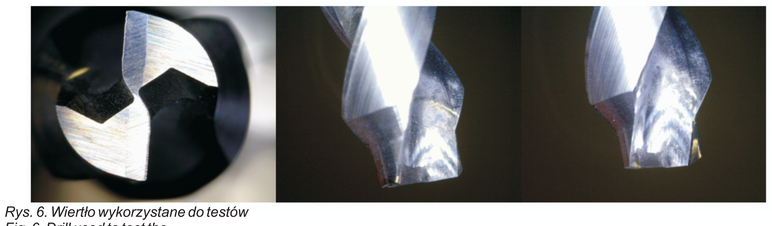
2.4 Wyniki testów
2.4 Test results



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. Wiertło wykorzystane do testów
Fig. 6. Drill used to test the

Wnioski
Conclusions

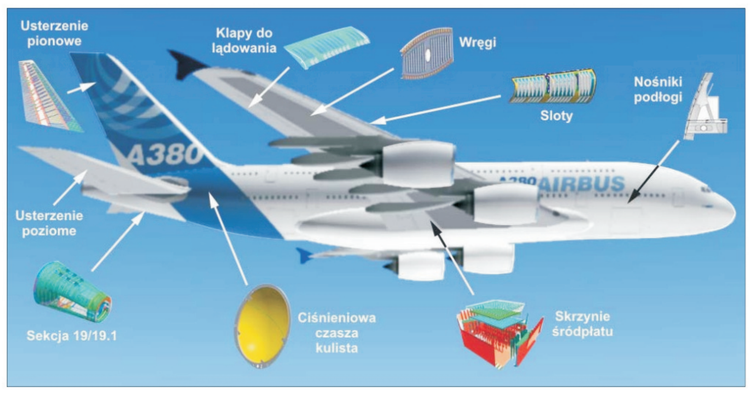
- delaminacja warstw kompozytu spowodowana jest głównie osiowymi składowymi siły skrawania
- konieczna jest taka modyfikacja geometrii wiertła kótra spowoduje dystrybucję sił w kierunku promieniowym
- modyfikacja geometrii wiertła musi być dobrana w odniesieniu do kąta wiercenia (kata pomiędzy osią wiertła 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 wierteł, 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 ofMetallic composite materials in aerospace applications including material type Glare

Głównym zastosowaniem wierteł 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/Agusta Westland
- PZL Mielec/Sikorsky Company

Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Referaty
1. P.Tyczynski, R. Ostrowski, R. Śliwa, T. Gałaczyński ***Problems during drilling of holes in composites materials for Hi-lok® riveted joint***, , 8th Int. Conference „Supply on the wings" Frankfurt, Germany.

Prace hab., dr, mgr
Prace doktorskie w realizacji:
Piotr Tyczyński - ***Modyfikacja parametrów geometrycznych wierteł do kątowego wiercenia w elementach o powierzchniach płaskich i cylindrycznych wykonanych z materiałów kompozytowych stosowanych w lotnictwie*** - , Promotor: Dr hab. inż. prof. nadzw. Romana Ewa Śliwa, status - po otwarciu przewodu

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO