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

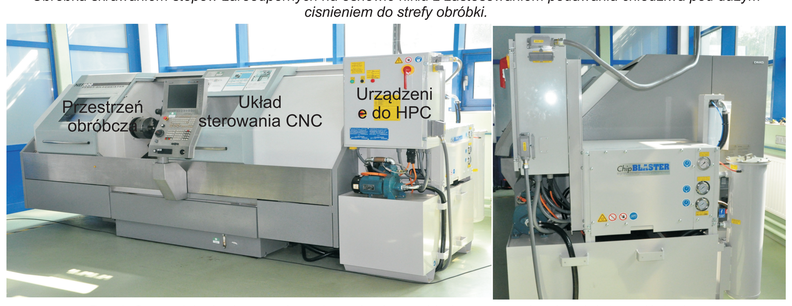
ZB1

Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych
Development of advanced processes of HSM of almost unworkable aeronautical alloys

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska, Politechnika Lubelska, Politechnika Łódzka

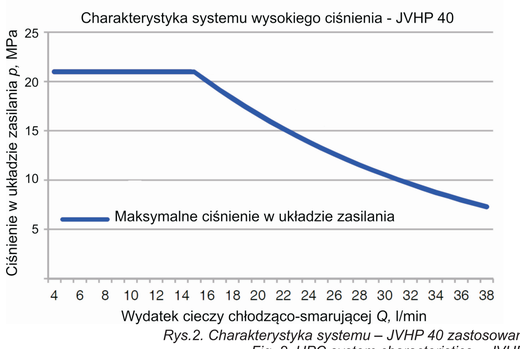
Wyniki badań
Results

Obróbka skrawaniem stopów żaroodpornych na osnowie niklu z zastosowaniem podawania chłodziwa pod dużym ciśnieniem do strefy obróbki.



Rys.1. Stanowisko badawcze do podawania cieczy chłodząco smarującej pod dużym ciśnieniem
Fig.1. Experimental setup for High Pressure Coolant supply

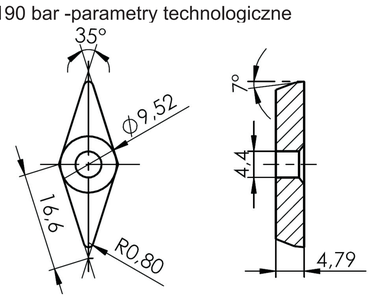
Badania prowadzono w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego Politechniki Rzeszowskiej za pomocą tokarki CNC DMG NEF600 wyposażonej w system podawania cieczy chłodząco smarującej pod dużym ciśnieniem rys 7. Urządzenie ChipBlaster umożliwia podawanie cieczy chłodząco smarującej pod ciśnieniem z zakresu 5-21 MPa oraz wydatkiem maksymalnie 40 l/min. Charakterystykę systemu pompowego przedstawiono na powyższym rysunku.

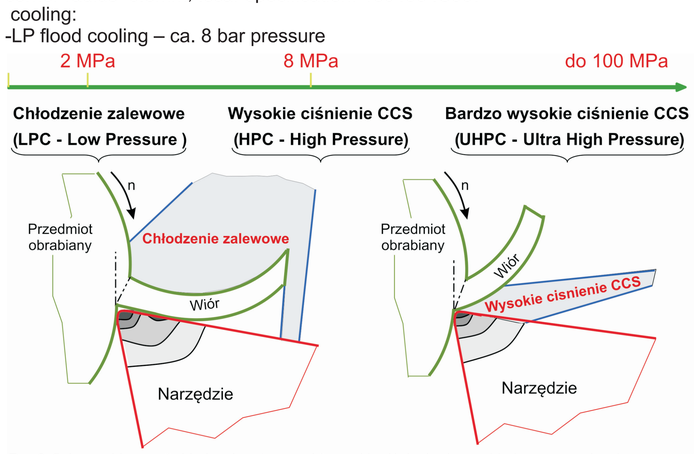


Rys.2. Charakterystyka systemu – JVHP 40 zastosowanego w badaniach
Fig. 2. HPC system characteristics – JVHP 40

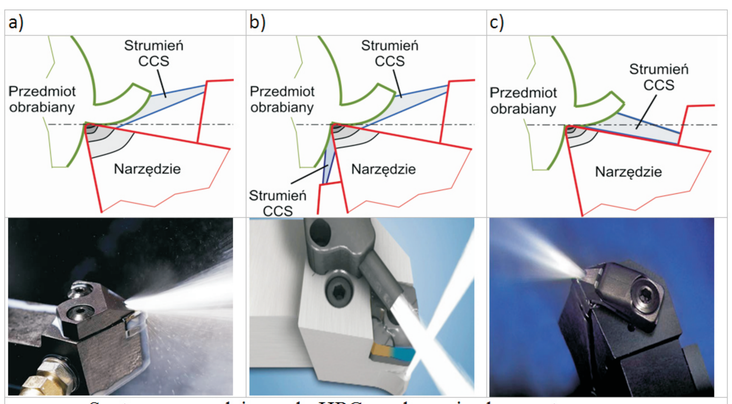
Metodyka badań
The research methodology

-materiał obrabiany - Inconel 718 (wałek Ø 120 długość toczenia 40 mm-
rodzaj obróbki – wykończeniowa
- wykonane z węglika spiekanego o promieniu naroża 0,8mm firmy Iscar 160408 IC907-
chłodzenie:
-chłodzenie zalewowe „LP" ciśnienie około 8 bar
-chłodzenie przez narzędzie „ HP" 50; 65; 80; 130; 190 bar -parametry technologiczne procesu :-
ap – 0,25 mm
Charakterystyka wkładki ostrzowej
VCMT 160408:
-kąt naroża εr=35°,
-promień naroża rε =0,8 mm,
-kąt przyłożenia αn=7°,
-kąt przystawienia χr=93°,
-typ łamacza SM
-materiał wkładki: węglik spiekany
-powłoka ochronna TiAlN (PVD).
-przeznaczenie: obróbka wykończeniowa i półwykończeniowa stopów trudnoobrabialnych
-vc - 70 m/min
-f – 0,1 mm/obr
Process conditions:
-machined material - Inconel 718 (bar - Ø 120 diameter, 40 mm length of cut)
-finish cutting
-cutting tool – V-type inserts dedicated for finish machining made from cemented carbide, corner radius 0.8mm, Iscar specification: 160408 IC907
cooling:
-LP flood cooling – ca. 8 bar pressure





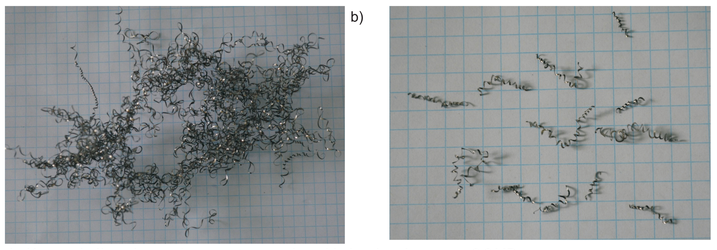
Rys.3. Schemat ideowy a) chłodzenie zalewowe b) wysokie ciśnienie cieczy chłodząco smarującej
Fig. 3 . Cooling scheme a) flood cooling b) HPC



Systemy narzędziowe do HPC, podawanie skoncentrowanego strumienia a) od powierzchni natarcia b) od powierzchni natarcia i przyłożenia c) stycznie do powierzchni natarcia
Tool holders designed for HPC, focused jet supply a) from rake surface b) from rake and relief surface c) tangential to rake surface

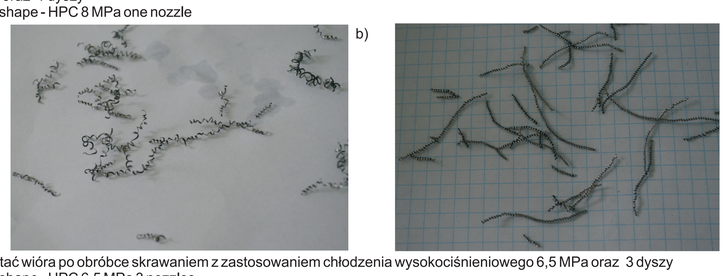
System narzędziowy zastosowany w badaniach
HPC tool holder systems: focused jet supply from rake surface

a) b)



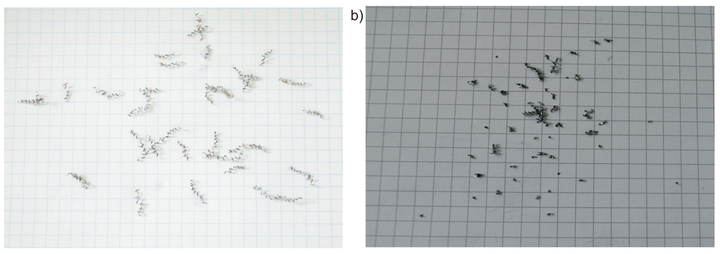
a) Postać wióra po obróbce skrawaniem z zastosowaniem chłodzenia zalewowego 0,8 MPa
Chips shape - conventional coolant 0,8 MPa
b) Postać wióra po obróbce skrawaniem z zastosowaniem chłodzenia wysokociśnieniowego 8 MPa oraz 1 dyszy
Chips shape - HPC 8 MPa one nozzle

a) b)

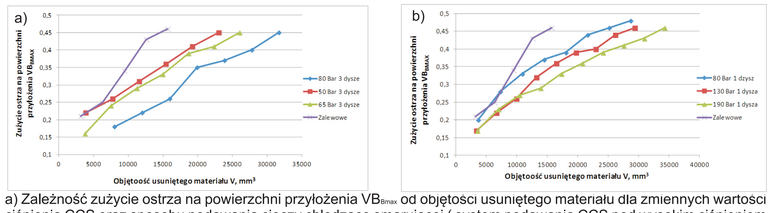


a) Postać wióra po obróbce skrawaniem z zastosowaniem chłodzenia wysokociśnieniowego 6,5 MPa oraz 3 dyszy
Chips shape - HPC 6,5 MPa 3 nozzles
b) Postać wióra po obróbce skrawaniem z zastosowaniem chłodzenia wysokociśnieniowego 5 MPa oraz 3 dyszy
Chips shape – HPC 5 MPa 3 nozzles

a) b)

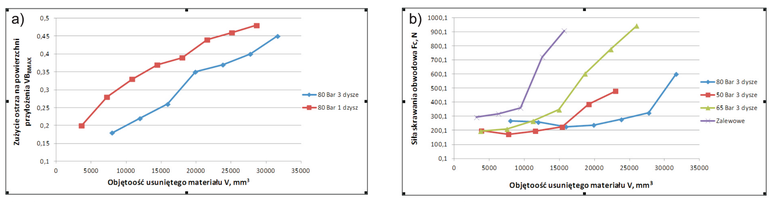


a) Postać wióra po obróbce skrawaniem z zastosowaniem chłodzenia wysokociśnieniowego 13 MPa oraz 1 dyszy
Chips shape - HPC 13 MPa one nozzle
b) Postać wióra po obróbce skrawaniem z zastosowaniem chłodzenia wysokociśnieniowego18 MPa oraz 1 dyszy
Chips shape - HPC 18 MPa one nozzle



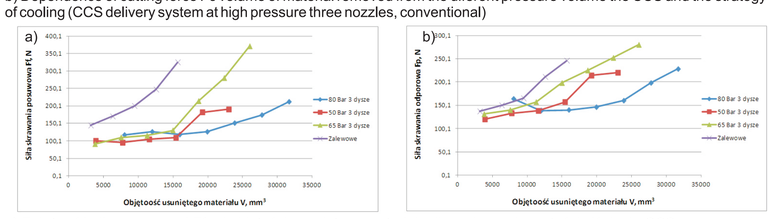
a) Zależność zużycie ostrza na powierzchni przyłożenia VB_{Bmax} od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem trzy dysze, chłodzenie zalewowe)
a) Dependence of tool wear VB_{Bmax} volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure three nozzles, conventional)

b) Zależność zużycie ostrza na powierzchni przyłożenia VB_{Bmax} od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem pojedyńcza dysza, chłodzenie zalewowe)
b) Dependence of tool wear VB_{Bmax} volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure one nozzles, conventional)

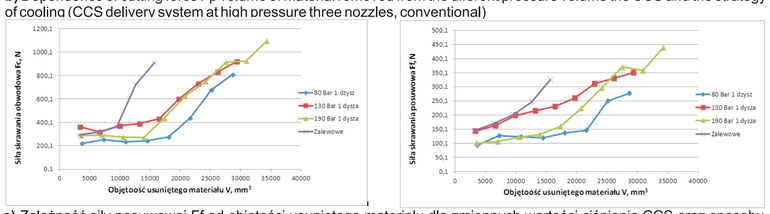


a)Zależność zużycie ostrza na powierzchni przyłożenia VB_{Bmax} od objętości usuniętego materiału dla system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem z zastosowaniem pojedyńczej dyszy i trzy dysze.
a) Dependence of tool wear VBBmax volume of material removed from the one and three nozzles

b) Zależność siły skrawania Fc od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem trzy dysze, chłodzenie zalewowe)
b) Dependence of cutting force Fc volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure three nozzles, conventional)



a) Zależność siły posuwowej Ff od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem trzy dysze, chłodzenie zalewowe
a) Dependence of cutting force Ff volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure three nozzles, conventional)
b) Zależność siły odporowej Fp od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem trzy dysze, chłodzenie zalew
b) Dependence of cutting force Fp volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure three nozzles, conventional)



a) Zależność siły posuwowej Ff od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem pojedyńcza dzysza, chłodzenie zalewowe)
a) Dependence of cutting force Ff volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure one nozzles, conventional)
b) Zależność siły odporowej Fp od objętości usuniętego materiału dla zmiennych wartości ciśnienia CCS oraz sposobu podawania cieczy chłodząco smarującej (system podawania CCS pod wysokim ciśnieniem pojedyńcza dzysza, chłodzenie zalewowe)
Dependence of cutting force Fp volume of material removed from the diferent pressure volume the CCS and the strategy of cooling (CCS delivery system at high pressure one nozzles, conventional)

Wyniki badań
Results

Obróbka skrawaniem stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl(γ) Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C

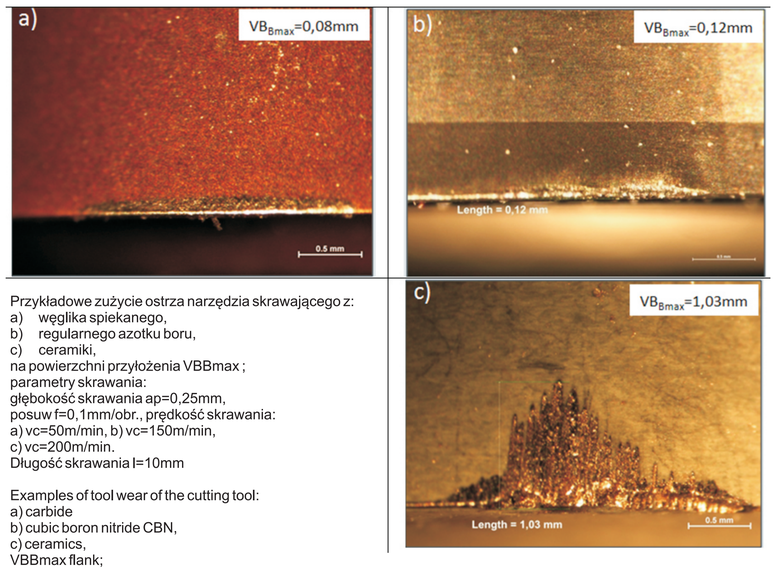
Stanowisko badawcze
The test stand

Tokarka NEF600 z układem sterowania FANUC 210is o mocy wrzeciona 18kW i max. prędkości obrotowej 2500obr/min
Lathe NEF600 with control system FANUC 210is power 18kW and maximum spindle speed 2500obr/min

Narzędzia skrawające
1. Wkładka ostrzowa RCMT1204 MO-SM 1115 Oprawka SRSCL 2525M 12
prędkość skrawania vc=30 - 70m/min głębokość skrawania ap=0,15 - 0,35mm
posuw f=0,05 - 0,15mm/obr.
2. Wkładka ostrzowa RCHT1204 MO CB50 Oprawka SRSCL 2525M 12 prędkość skrawania vc=90 - 210m/min głębokość skrawania ap=0,15 - 0,35mm posuw f=0,05 - 0,15mm/obr.
3. Wkładka ostrzowa RNGN 120700 T01020 670 Oprawka CRSNL 2525M 12 prędkość skrawania vc=50 - 400m/min głębokość skrawania ap=0,15 - 0,35mm posuw f=0,05 - 0,15mm/obr.

Cutting Tools
1 Inserts carbide RCMT1204 MO-SM 1115 SRSCL holder 2525M 12
cutting speed vc= 30 - 70m/min cutting depth ap= 0.15 - 0.35 mm
feed f = 0.05 - 0.15 mm / rev.
2 Inserts CBN RCHT1204 MO CB50 holder SRSCL 2525M 12 cutting speed vc= 90 - 210m/min cutting depth ap= 0.15 - 0.35 mm feed f= 0.05 - 0.15 mm / rev.
3 Inserts ceramic RNGN flute holder 670 120700 T01020 CRSNL 2525M 12 cutting speed vc= 50 - 400m/min cutting depth ap= 0.15 - 0.35 mm feed f= 0.05 - 0.15 mm / rev.

Zużycie ostrza narzędzia skrawającego
Cutting tool wear



Przykładowe zużycie ostrza narzędzia skrawającego z:
a) węglika spiekanego,
b) regularnego azotku boru,
c) ceramiki,
na powierzchni przyłożenia VBBmax ;
parametry skrawania:
głębokość skrawania ap=0,25mm,
posuw f=0,1mm/obr., prędkość skrawania:
a) vc=50m/min, b) vc=150m/min,
c) vc=200m/min.
Długość skrawania l=10mm

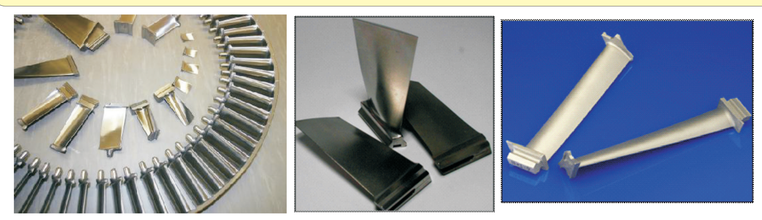
Examples of tool wear of the cutting tool:
a) carbide
b) cubic boron nitride CBN,
c) ceramics,
VBBmax flank;

Wnioski
Conclusions

·Wnioski:-
wzrost trwałości ostrza skrawającego przy zastosowaniu wysokiego ciśnienia cieczy chłodząco smarującej, w niektórych przypadkach ponad dwukrotny,
-wzrost trwałości ostrza wraz z wzrostem ciśnienia cieczy chłodząco-samrującej,-poprawa procesu tworzenia wióra, przy zastosowaniu wysokiego ciśnienia cieczy chłodząco smarującej brak efektu wióra wstęgowego, wiór w postaci odcinków około 2 mm
,-wyraźne obniżenie składowych siły skrawania,
-poprawa jakości powierzchni obrabianej (brak zakaleczeń materiału powstających przez wstęgową postać wióra),

Conclusions
-increased tool life achieved with the use of High Pressure Cooling, two-fold in some cases
-tool life increased with increasing coolant pressure
-improvement in chip forming, application of HPC eliminated continuous chip generation, chips were in the form of small particles - 2 mm in length
-significant decrease in component cutting forces
-surface roughness parameters improvement (lack of workpiece damage caused by continuous chip form)

Przykłady zastosowania w lotnictwie
Examples of application in aviation



Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym
Collaboration with aviation industry

Producenci komponentów lotniczych : WSK Rzeszów
Producenci narzędzi dla przemysłu lotniczego : Kenametall

Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Przewód doktorski: Krzysztof Krupa *"Kształtowanie warstwy wierzchniej oraz wskaźniki jakościowe obróbki w procesie toczenia wykończeniowego stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl(g)"otwarcie 13.11.2013*

Referaty

1. Piotr Laskowski, Krzysztof Krupa , Ostrowski Robert - Toczenie wykończeniowe stopów żaroodpornych na osnowie niklu z zastosowaniem wysokiego ciśnienia cieczy chłodząco smarującej VI Seminarium zadań badawczych ZB1, ZB2, ZB5 Projektu Kluczowego POIG.01.01.02-00-015/08-00 "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym".Politechnika Lubelska, Nałęczów 23 – 25. 09.2013

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO