Projekt kluczowy
Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

SPOTKANIE PANELI EKSPERTÓW
28-29 Czerwca 2010

ZB 4

Opracowanie nowej, prostszej i tańszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Łódzka

Wyniki badań

Badania wybranych gatunków stali do nawęglania zmodyfikowanych opracowaną w Instytucie Inżynierii Materiałowej PŁ, opatentowaną technologią nawęglania próżniowego z przedazotowaniem - PreNitLPC®. Badania przeprowadzone zostały pod kątem zastosowania badanych podłoży stalowych w konstrukcjach nowoczesnych przekładni zębatych stosowanych w lotnictwie.

Uzyskane technologiczne warstwy wierzchnie poddano następującym badaniom:

- określenie twardości powierzchniowej i rdzenia metodą Vickersa
- określenie struktury warstwy przypowierzchniowej oraz struktury rdzenia z wykorzystaniem mikroskopii optycznej
- określenie grubości warstwy metodą metalograficzną
- określenie profilu węgla w warstwie nawęglonej z wykorzystaniem optycznej spektrometrii emisyjnej
- określenie efektywnej grubości warstwy nawęglanej
- określenie zawartości austenitu szczątkowego w warstwie przypowierzchniowej metodą analizy obrazu
- określenie właściwości tribologicznych metodą "pin on disc"

Wyniki badań potwierdziły korzystny wpływ technologii PreNitLPC® na strukturę i właściwości zmodyfikowanych warstw powierzchniowych.

Materiały do badań

Próbki o wymiarach 25,4 x 5÷10 mm ze stali:
o FERRIUM®C61 wg US Patent 6.176.946 B1 - brak odpowiednika w normach światowych,
o 8620 wg SAE J404,zbliżonej do 20NiCrMo2-2 (1.6523) wg EN 10084
o EN 39B [835 M15] wg BS970-1, zbliżonej do 15NiCrMo16-5 (1.6723) wg FE-PL 79 (AECMA)
o 20H2N4A wg PN/H 84035 - brak odpowiednika w normach światowych,

Parametry procesów

Próbki poddano obróbce cieplno chemicznej w procesie nawęglania próżniowego z przedazotowaniem według technologii PreNitLPC® [4,5] w piecu próżniowym 16.0 VPT-4022/24 IQN produkcji Seco/Warwick Polska, przy parametrach procesu określonych z wykorzystaniem programu symulacji procesu nawęglania SimVac Plus podanych w Tabeli 1.

Badania mikrotwardości

Twardość mierzono metodą Vickersa wg PN-EN ISO 6507-1 przy obciążeniu 49,02 N /HV 5. Dla wartości średniej podano odpowiadającą wg. PN-EN ISO 18265 tab.C2 twardość Rockwella. Do pomiarów wykorzystano mikrotwardości omierz Zwick3212.
Za pomocą badania określono grubość warstwy nawęglonej przy kryterium 150HV ponad twardość rdzenia, wg PN ISO 2639.

Badania metalograficzne

Badania metalograficzne przeprowadzono przy użyciu mikroskopu świetlnego metalograficznego Nikon Ma 200. Wykorzystując oprogramowanie do analizy obrazu NIS-ELEMENTS określono metoda metalograficzną zawartość austenitu szczątkowego w warstwie wierzchniej.

Właściwości tribologiczne

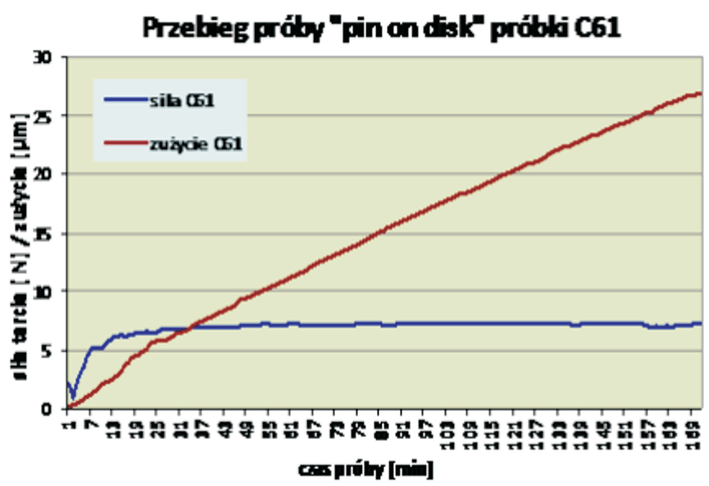
Właściwości tribologiczne, w szczególności siłę tarcia i całkowite zużycie liniowe , określono metodą "pin on disk" w próbie tarcia suchego, wg normy ASTM G 99-90, stosując: kulkę 5 mm z ZrO2 , obciążenie 9,81N, prędkość liniową podczas próby 0,1 m/sek. Droga tarcia wynosiła 1000 m.

Badania profilu węgla

Badania profilu węgla w warstwie wierzchniej wykonano z wykorzystaniem optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem jarzeniowym (GDOES) oraz wielokrotnego precyzyjnego zeszlifowania powierzchni.

Na rysunkach przedstawiono przykładowe wyniki badań uzyskane dla stali C61. Dla wszystkich badanych materiałów uzyskano analogiczne zestawy danych, które przedstawione są w formie tabelarycznej
W tabeli 2 przedstawione są:

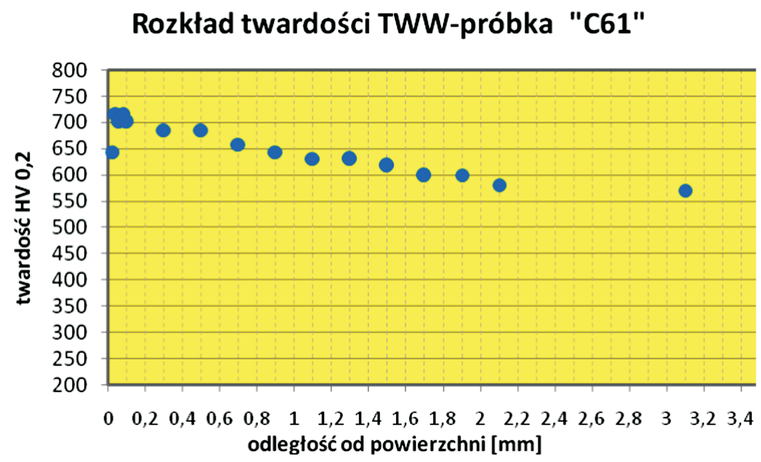
- ZAS [%] - zawartość austenitu szczątkowego,
- HVmax [HV0,2] - maksymalna twardość warstwy,
- EGW[mm] - efektywna grubość warstwy,
- C [%] - maksymalna zawartość węgla w warstwie nawęglonej,
- Ft [N] - siła tarcia na koniec próby "pin on disc",
- Z [µm] - maksymalne zużycie liniowe.



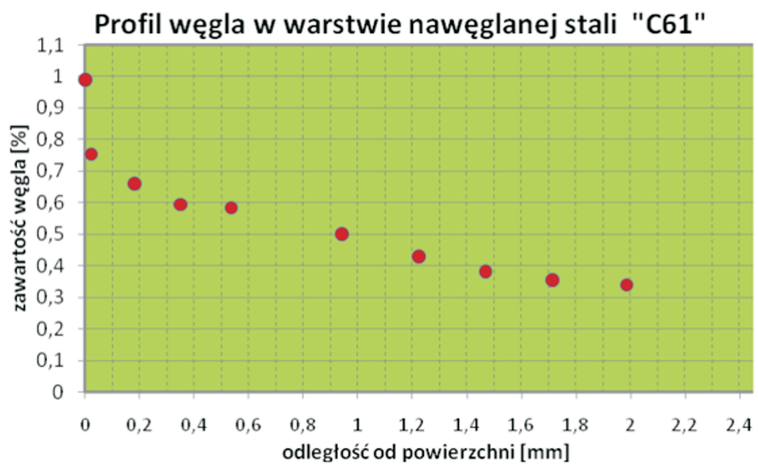
Rys. 1. Przebieg próby

Tabela 1

Proces technologiczny	Nawęglanie próżniowe PreNitLPC®
Parametry zabiegów	Temperatura nawęglania-1000C, czas-8,5 godz hartowanie I -z podchłodzeniem do 860C, chłodzenie-olej 60C, hartowanie II -z 820C, chłodzenie azot 12,5 bar, odpuszczanie-200C/2godz.



Rys. 2. Rozkład twardości



Rys. 3. Profil węgla w warstwie nawęglanej stali C61

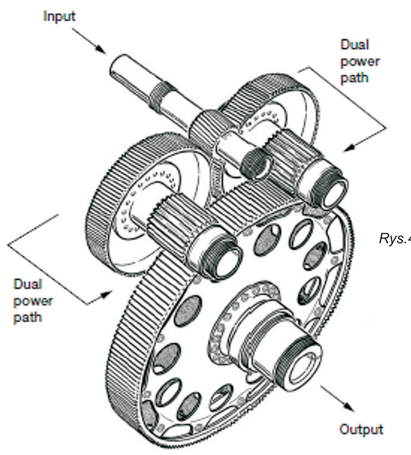
Tabela 2

Materiał	C61	8620	En39	20H2N4
ZAS [%]	10	2	4	3
HVmax [HV0,2]	707	766	668	713
EGW[mm]	1,5	2	1,47	1,83
C [%]	1	0,95	0,92	0,89
Ft[N]	7,5	5	5	5,1
Zc[µm]	26	21	20	17

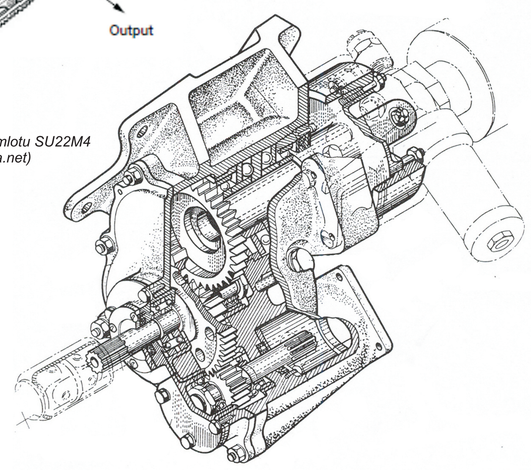
Wnioski

Wszystkie materiał y poddane procesowi PrenitLPC charakteryzują się jednorodną drobnoziarnistą mikrostrukturą w warstwie wierzchniej.
We wszystkich badanych przypadkach osiągnięto założoną efektywną grubość warstwy wierzchniej.
Współczynnik tarcia w próbie tarcia suchego nie przekroczył wartości znacząco wartości 0,5 z wyjątkiem stali FerriumC61, dla której wyniósł 0,75
Całkowite zużycie liniowe nie przekroczyło wartości 21mikrometrów, z wyjątkiem stali FerriumC61, dla której osiągnęło wartość 26 mikrometrów.
Twardości w warstwie wierzchniej oraz rozkład twardości we wszystkich próbkach były podobne i charakteryzowały się łagodną przejściem w kierunku rdzenia
Zawartość węgla na powierzchni badanych próbek zawiera się w granicach 0,89 do 1 %. Najwyższą zanotowano dla stali Ferrium C61.
Gorsze wyniki próby tarciowej dla stali FerriumC61,można tłumaczyć występowaniem dużej ilości austenitu szczątkowego w warstwie wierzchniej znacząco zmniejszającego twardość tej warstwy, dodatkowo występujące wydzielenia węglikowe w tej warstwie mogły w próbie tarcia suchego, jako fazy twarde łatwo wykruszać się i brać dodatkowo udział w procesach tarcia, powodując mikroskrawanie, co przejawiło się wysokim zużyciem liniowym i wysokim współczynnikiem tarcia.

Przykłady zastosowania w lotnictwie



Rys.4. Przykładowy schemat projektowanej przekładni



Rys.5. Przekładnia S32 samlotu SU22M4 (źródło - ww.eskadra.net)

Rys. 6. Uniwersalny piec próżniowy VPT - z technologią FineCarb LPC oraz PreNit LPC (źródło www.secowarwick.com)

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Prezentowane wyniki badań będą wykorzystane w procesie projektowania i doboru materiałów dla przekładni dwudrożnej opracowywanej we współpracy z WSK Rzeszów i Politechniką Rzeszowską

- Avio - wdrożenie technologii PreNit LPC
- Pratt&Whitney Kalisz- wdrożenie technologii PreNit LPC

Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

zgłoszenie referatu ***Application of PreNitLPC® technology for case hardening steels of potential application in aircraft gears***, konferencja „ AirTec2010 5th International Conference Supply on the wings" Listopad 2010

zgłoszenie referatu ***Innowacyjna technologia obróbki cieplno-chemicznej elementów przekładni zębatych stosowanych w lotnictwie konferencja*** "Nowoczesne Technologie w Inżynierii Powierzchni", Spała 2010

Markowski T., Budzik G.: ***The application of the RT/RP process in cast manufactured***, 11th International Scientific Conference Quality Assurance in Foundry

Publikacje

Budzik G., Oleksy M., Grzelka M., Wieczorowski M., Magniszewski M., Slota J.: ***The application of optical measurements for the determination of accuracy of gear wheels casts manufactured in the RT/RP process***, Archives of Foundry Engineering, 10, 1/2010, s. 395-398

Markowski T., Budzik G., Kozik B., Dziubek T., Sobolewski B., Zaborniak M.: ***Geometrical precision of 3DP casting form for founding gears***, Archives of Foundry Engineering, 10, 1/2010, s. 391-395

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie:

Rafał Niewiedzielski.: ***Model materiału gradientowego dla symulacji odkształceń hartowniczych***, Status: *w trakcie realizacji*

Praca habilitacyjna

Tytuł: ***Fizykochemiczne podstawy procesu nawęglania próżniowego***
Autor: Robert Pietrasik
Status: *w trakcie realizacji*

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO