

# Zastosowanie odpornych na ścieranie materiałów ceramicznych do regeneracji par przewodnic maszyn

## Abrasion resistant ceramic cladding for recovery of the machine tool guide ways

ZBIGNIEW BLOK\*

Materiały ceramiczne odporne na ścieranie wykorzystuje się do wykonywania trudnościeralnych wyłożeń elementów maszyn, zwłaszcza tam, gdzie występuje szybkie zużywanie się współpracujących części. Ważnymi elementami obrabiarek – np. tokarek lub frezarek – są prowadnice ich łoż oraz prowadniki. Podlegają one zużyciu ściernemu, wskutek czego pogarsza się dokładność obróbki. Zużyte prowadnice łoża oraz prowadniki można poddać regeneracji. W Oddziale Ceramiki CEREL – jednym z pozawarszawskich oddziałów Instytutu Energetyki – zastosowano metodę regeneracji pary przewodnic tokarki, polegającą na wyłożeniu tych elementów twardymi kształtkami ceramicznymi. Na podstawie zawartych w literaturze informacji o właściwościach i zastosowaniach ceramicznych materiałów trudnościeralnych, a także na podstawie doświadczeń zebranych w OC CEREL dobrano materiał, a następnie zaprojektowano i wykonano wyłożenie przewodnicy łoża oraz prowadników tokarki SPC-900 PA. Tokarkę tę wykorzystano do toczenia na surowo wyrobów ceramicznych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** regeneracja przewodnicy łoża maszyny, regeneracja przewodników maszyny, ceramika odporna na ścieranie, wyłożenie trudnościeralne

*Abrasion resistant ceramic materials are used for the wearing out machine elements, especially for those which wear fast. Guide ways are important parts of machine tools. They are subject to wear, which ruins precision of machining operations. Worn out guide ways can be recovered. The staff of Ceramic Department of the Energy Institute in Warsaw CEREL ventured to clad a pair of the worn out guide ways on the lathe machine with abrasion resistant pads. They consulted relevant literature for properties and application methods of the abrasion resistant materials, and reviewed relevant experimental reports collected in OC CEREL to select the material, to work out and to install the pads on the bed guide ways and shoes of the SPC-900 PA lathe. Then, the machine has been used to turn ceramic parts (as made before calcining process).*

**KEYWORDS:** recovery of machine guide ways, wear resistant ceramic, wear resistant lining

Materiały ceramiczne i metale różnią się znacząco pod względem właściwości mechanicznych i fizycznych. Największa różnica występuje w ciągliwości obu rodzajów materiałów. Ceramika jest z reguły krucha. Odkształca się sprężystość aż do momentu zniszczenia katastroficznego. Materiały ciągliwe po osiągnięciu granicy sprężystości ulegają zaś dalszemu odkształceniu plastycznemu, aż do zniszczenia.

Cechą charakterystyczną materiałów ceramicznych jest to, że atomy łączą się w nich w cząsteczki głównie przez wiązania jonowe, kowalencyjne lub mieszane. Niektóre z tych materiałów mają bardzo korzystne właściwości fizykochemiczne, np.:

- wysoki moduł Younga,
- dużą twardość,
- stosunkowo wysoką wytrzymałość na zginanie,
- dobrą odporność na korozję,
- relatywnie niską gęstość.

W wielu przypadkach materiały ceramiczne mogą znaleźć zastosowanie jako materiały odporne na ścieranie lub konstrukcyjne. Przykłady ich zastosowania w maszynach to: pierścienie uszczelniające, gniazda zaworów, ustniki do ekstruzji, narzędzia skrawające i łożyska.

\* Mgr inż. Zbigniew Blok (blok@cerel.pl) – Oddział Ceramiki CEREL Instytut Badawczy, Instytut Energetyki

### Wybór materiału na wykładzinę ceramiczną

Rozwój nowych materiałów odpornych na zużycie ścierne postępuje w dwóch kierunkach:

- powlekania metali materiałami trudnościeralnymi,
- zastosowania ceramiki monolitycznej i kompozytów ceramicznych.

Materiały na powłoki to: węgliki, azotki, borki i ceramika tlenkowa – tlenek glinu i dwutlenek cyrkonu stabilizowany itrem. Powłoki mają grubość 1-50  $\mu\text{m}$  w zależności od procesu, w którym powstały. Zazwyczaj wykonuje się je metodami: PVD (*physical vapor deposition*), CVD (*chemical vapor deposition*) lub elektrolityczną.

Grubsze powłoki – rzędu 1 mm – uzyskuje się przez natryskiwanie termiczne (*thermal spraying*). Ta metoda ma jednak ograniczenia wynikające z różnicy pomiędzy rozszerzalnością termiczną podłoża i powłoki.

Monolityczną ceramikę niejednokrotnie można łatwo zastosować tam, gdzie wykonanie powłok jest trudne pod względem technologicznym. Materiały ceramiczne odpowiednie na materiały konstrukcyjne lub/i odporne na zużycie ścierne to: tlenek glinu, tlenek glinu wzmocniony dyspersyjnie dwutlenkiem cyrkonu (ZTA) oraz stabilizowany itrem dwutlenek cyrkonu (Y-TZP) [1]. Właściwości wybranych tlenkowych materiałów ceramicznych przeznaczonych na wyłożenia trudnościeralne przedstawiono w tabl. 1.

Materiał na wyłożenie pary przewodnic tokarki dobrano na podstawie badań ścieralności wykonanych przez AGH w Krakowie. Testowane próbki powstały w OC CEREL w Boguchwale. Pomiary odporności na ścieranie przeprowadzono za pomocą urządzenia wyprodukowanego przez Międzyresortowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majątku Trwałego w Radomiu.

**TABLICA 1. Właściwości wybranych tlenkowych materiałów ceramicznych [2]**

Właściwość \ Materiał	Tlenek glinu $\text{Al}_2\text{O}_3$	Wzmocniony dyspersyjnie tlenek glinu ZTA	Stabilizowany itrem dwutlenek cyrkonu Y-TZP
Porowatość pozorna, %	0	0	0
Gęstość pozorna, $\text{g/cm}^3$	3,90+3,99	4,01+4,15	5,98
Twardość Vickersa HV, HV 0,5	1700+2000	1760	1250
Wytrzymałość na zginanie $\sigma_b$ , MPa	280+400	340+650	950+1050
Wytrzymałość na ściskanie $\sigma_c$ , MPa	2200+4000	2700	2200
Moduł Younga $E$ , GPa	300+420	340+360	210
Moduł Weibulla $m$	6+10	7+10	10+20
Krytyczny współczynnik intensywności naprężeń $K_{Ic}$ , $\text{MPa m}^{1/2}$	4,2+6	4,4+5,8	7-8
Liczba Poissona $\nu$	0,22+0,26	0,23	0,29+0,30

Metoda pomiaru nawiązywała do wymagań normy ASTM G 6585 i polegała na wprowadzeniu proszku ściernego pomiędzy badaną próbkę a kółko toczące się po jej powierzchni. Wyniki badań przedstawiono w tabl. II. Po ich analizie zdecydowano się na wyłożenie łoża tokarki dwutlenkiem cyrkonu stabilizowanym itrem (Y-TZP).

**TABLICA II. Odporność na ścieranie wybranych materiałów ceramicznych**

Rodzaj tworzywa*	Sposób formowania	Gęstość pozorna g/cm <sup>3</sup>	Ścieralność		
			Zużycie mm <sup>3</sup>	Przedział ufności	Odchylenie standardowe
Tworzywo 786	Prasowanie izostatyczne	3,63	80,3	±16,7	6,0
Tworzywo 795		3,76	70,8	±18,1	6,6
Tworzywo 799		3,73	82,1	±38,4	13,9
Porcelana 110	Plastyczne	2,44	204,0	±111,9	31,8
Porcelana 130		2,77	171,9	±54,4	19,7
Y-TZP	Prasowanie izostatyczne	5,92	15,9	±2,7	1,0
Bazalt	Odewanie	2,99	234,8	±90,8	25,8

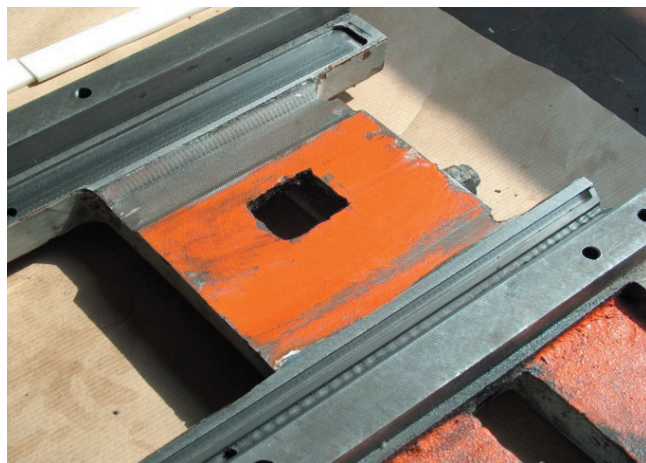
\* Według PN-86/E06301. 786 – tworzywo o zawartości Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≥ 86%, 795 – tworzywo o zawartości Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≥ 95%, 799 – tworzywo o zawartości Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≥ 99%.

### Projekt i przygotowanie łoża tokarki do wyłożenia wykładziną ceramiczną

W celu określenia zużycia przewodnic łoża tokarki zmierzono płaskość przewodnicy łoża za pomocą listwy o długości 500 mm i szczelinomierza. Pomiary wskazywały na nierównomierne zużycie przewodnic łoża tokarki (największe zużycie zmierzone szczelinomierzem wyniosło 0,18 mm).

Po wykonaniu pomiarów przewodnic łoża tokarki zaprojektowano jego wersję po regeneracji. Aby przymocować kształtki ceramiczne do przewodnic łoża, potrzebne były rowki w istniejącym łożu stalowym – po demontażu tokarki wykonano je zgodnie z projektem.

Do tego celu zastosowano frezy palcowe z węglików spiekanych. Podobne rowki wykonano w przewodnikach w płycie suportu (rys. 1).



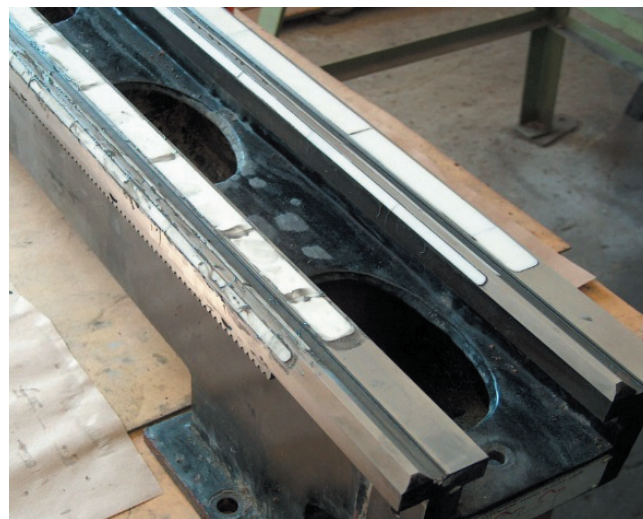
Rys. 1. Płyta suportu z wyfrezowanymi rowkami przeznaczonymi do wklejenia kształtek ceramicznych

### Etapy wykonania elementów ceramicznych do wyłożenia par przewodnic tokarki

- Zaprojektowanie i wykonanie form izostatycznych na kształtki.
- Wykonanie kształtek walcowych. Proces formowania kształtek walcowych przeprowadzono z użyciem prasy izostatycznej (ciśnienie prasowania wynosiło 190 MPa).
- Wycinanie kształtek. Kształtki cyrkonowe wycięto z kształtek walcowych na maszynie zaprojektowanej i zbudowanej w OC CEREL. Jako narzędzie wycinające zastosowano cienkie tarcze karborundowe.
- Wypalanie kształtek. Wycięte na surowo kształtki wypalono w piecu elektrycznym.

### Montaż wykładziny

Przed wklejeniem kształtek powierzchnia wyfrezowanych rowków wymagała odpowiedniego przygotowania, polegającego głównie na dokładnym odtłuszczeniu acetonem. Bezpośrednio po tej operacji w rowki łoża wklejono (za pomocą kleju epoksydowego Araldite 2014) kształtki z Y-TZP (rys. 2).



Rys. 2. Fragment łoża tokarki z wklejonymi w przewodnice kształtkami ceramicznymi

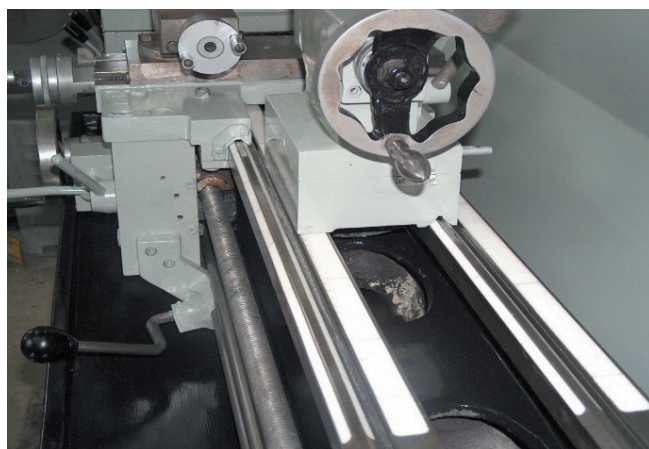
### Szlifowanie łoża tokarki

Operację szlifowania przeprowadził Zakład Narzędziowy w Mielcu, który dysponuje odpowiednią do tego maszyną. Jednocześnie zweryfikowano zużycie pozostałych części tokarki. Niektóre z nich wymagały regeneracji lub wykonania od nowa. Następnie powtórnie zmontowano tokarkę.

## Wyniki prac

Opracowano i wdrożono prosty technologicznie sposób regeneracji par prowadnic tokarki. Tę metodę można też stosować w przypadku innych maszyn, których prowadnice i prowadniki ulegają zużyciu ściernemu.

Odporność na zużycie ściernie par prowadnic wyłożonych płytkami z dwutlenku cyrkonu jest bardzo wysoka. Tokarka po remoncie (rys. 3 i 4) została włączona do normalnej eksploatacji. Służy do toczenia elementów ceramicznych na surowo. Proszek ceramiczny powstający podczas toczenia – tlenek glinu (korund) i dwutlenek cyrkonu – ma bardzo silne właściwości ściernie. Pary prowadnic nie są smarowane i po ponad pięciu latach eksploatacji nie wykazują śladów zużycia.



Rys. 3. Tokarka SPC-900 PA z parami prowadnic wyłożonymi dwutlenkiem cyrkonu



Rys. 4. Wyremontowana tokarka SPC-900 PA

Zdolność tłumienia drgań łoża tokarki nie powinna się pogorszyć, ponieważ obciążenie i drgania są przenoszone przez stosunkowo cienkie płytki ceramiczne na łożo.

Ocenia się, że koszt zastosowania wyłożenia par prowadnic ceramiką odporną na ścieranie jest wyższy o ok. 20% od tradycyjnych metod regeneracji, ale za to trwałość wzrasta kilkakrotnie.

## LITERATURA

1. Basu B., Balani K. *“Advanced Structural Ceramics”*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Publication, 2011.
2. Oczko K.E. *„Kształtowanie ceramicznych materiałów technicznych”*. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 1996. ■