

# Procesy szlifowania kompozytów żywiczno-ceramicznych z zastosowaniem narzędzi zawierających mikroagregaty ściernie

## Grinding processes composite resin-ceramics using abrasive tools containing microaggregates

WOJCIECH KACALAK  
KATARZYNA TANDECKA  
ŁUKASZ RYPINA  
DARIUSZ LIPIŃSKI  
DAMIAN GRZESIAK  
ELŻBIETA SOCHA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.316

Prezentowane wyniki badań szlifowania kompozytów żywiczno-ceramicznych. Do procesu obróbki zastosowano ściernice o budowie agregatowej. Pierwsza ściernica S1 zawierała dwa rodzaje agregatów ściernych – SiC i  $Al_2O_3$  – dodanych do narzędzia z elektrokorundu 99A. Zbadano również proces szlifowania ściernicą S2 zawierającą wyłącznie agregaty ściernie SiC dodane do narzędzia z węgla krzemu 98C. Analizowano topografię powierzchni obrobionych kompozytów i przydatność badanych ściernic do zastosowań przemysłowych.  
**SŁOWA KLUCZOWE:** agregaty ściernie, szlifowanie, kompozyt żywiczno-ceramiczny

*The article presents the results of grinding composites resin-ceramic. Treatment process used wheels for construction aggregate. The first wheel S1 contains two types of aggregates abrasive SiC and  $Al_2O_3$  added to the tool with electrocorundum 99A. Also examined the process of grinding the grinding wheel S2 contains only aggregates of SiC abrasive added to the tool with silicon carbide 98C. We analyzed the topography of the surface-treated composite and the suitability of the tested wheels for industrial applications.*

**KEYWORDS:** abrasive aggregates, grinding, composite ceramic-resin

Coraz większe wymagania stawiane materiałom inżynierskim są powodem wytwarzania i stosowania różnych materiałów kompozytowych. Obecnie dostępna jest szeroka gama kompozytów oferujących wyjątkowe właściwości fizyczne i chemiczne [1÷3]. Rozwojowi materiałów kompozytowych towarzyszy postęp technologiczny w budowie maszyn i produkcji narzędzi, zapewniający ich optymalne kształtowanie.

Kompozyty żywiczne wzmocnione kruszywem mineralnym lub szklanym znalazły szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, co zawdzięczają swym niepowtarzalnym właściwościom mechanicznym, fizycznym i chemicznym. Wysoki stopień tłumienia drgań oraz możliwość formowania dowolnych kształtów i regeneracji powierzchni to niektóre z głównych powodów wykorzystywania kompozytów żywiczno-ceramicznych w technice. Wielofazowa budowa kompozytów żywicznych wzmocnionych kruszywem mineralnym lub szklanym pozwala na uzyskanie szerokiego zakresu właściwości. Stoły maszyn pomiarowych najczęściej są wykonywane z jednolitego bloku skalnego, jednakże wiąże się to z wysokimi kosz-

tami produkcji tych urządzeń. Zastosowanie kompozytów żywiczno-ceramicznych z kruszywem skalnym znacznie obniża koszt wytworzenia tego typu elementów.

### Kompozyty żywiczno-ceramiczne

W celu przeprowadzenia badań procesu szlifowania kompozytów zaprojektowano i wykonano próbki kompozytów żywiczno-ceramicznych o cechach podanych w tabl. I. Im drobniejsza i bardziej zróżnicowana wymiarowo jest frakcja wypełniacza, tym większe wypełnienie objętości kruszywem i mniejszy udział wagowy żywicy. Zbyt mała ilość żywicy utrudnia proces mieszania składników, a gotowy kompozyt wykazuje niskie właściwości mechaniczne oraz dużą skłonność do kruchych pęknięć.

Udział wagowy poszczególnych wypełniaczy ustalono na podstawie prób doświadczalnych – tak aby skład mieszanki zapewniał wysokie upakowanie kruszywa. Parametrem charakteryzującym wysoki stopień upakowania była gęstość gotowego kompozytu – przy powyższej proporcji składników wynosiła ona  $2250 \text{ kg/m}^3$ .

**TABLICA I. Wartości parametrów do oceny chropowatości powierzchni obrobionych ściernicami S1 i S2 z zawartością agregatów ściernych**

Składnik	Frakcja składnika, mm	Rola	Udział wagowy, %
Bazalt	4÷1	Przenoszenie obciążeń, dekrementacja drgań	55
Piasek kwarcowy	0,2÷0,6	Wypełnienie pustych przestrzeni	30
Żywica epoksydowa Epidian 5		Spoivo	15

### Procesy szlifowania kompozytów z wykorzystaniem ściernic o budowie agregatowej

Obróbka ścierna kompozytów znacząco różni się od obróbki konwencjonalnych materiałów [5]. Głównym tego powodem jest występowanie minimum dwóch faz o zróżnicowanych właściwościach chemicznych i fizycznych. W kompozytach żywicznych zbrojonych cząsteczkami kruszywa spoiwo w postaci żywicy jest miękkie, przez co bardziej podatne na obróbkę ścierną niż wzmocnienie ceramiczne, które wykazuje dużo większą wytrzymałość mechaniczną.

W pracy [6] przedstawiono dwa podstawowe mechanizmy obróbki ścierniej kompozytów dwufazowych. Pierwszym możliwym mechanizmem jest odrywanie cząsteczek wzmocnienia od spoiwa wskutek sił działających podczas skrawania. Oderwane ziarno pozostawia po sobie lukę,

\* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wk5@tu.koszalin.pl), dr inż. Katarzyna Tandecka (katarzyna.tandecka@tu.koszalin.pl), dr inż. Łukasz Rypina (lukasz.rypina@tu.koszalin.pl), dr inż. Dariusz Lipiński (dariusz.lipinski@tu.koszalin.pl), mgr inż. Damian Grzesiak (dmn.grzesiak@gmail.com) – Politechnika Koszalińska; dr inż. Elżbieta Socha (elzbieta.socha@andre.com.pl) – Andre Abrasive Articles Sp. z o.o. Sp. k.

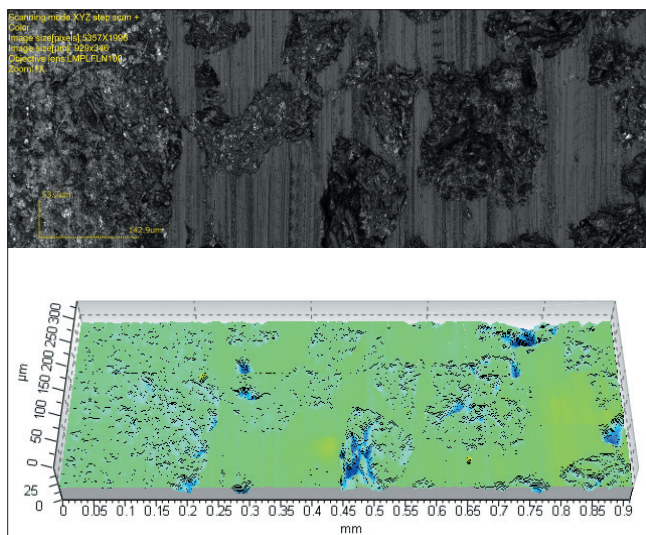
która bardzo niekorzystnie wpływa na chropowatość powierzchni.

Drugi mechanizm polega na przecinaniu cząsteczek wzmocnienia pod wpływem oddziaływania ziaren ściernych.

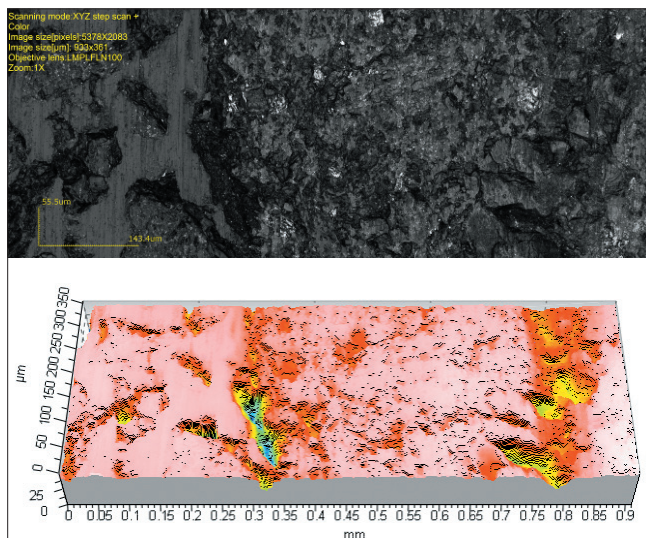
W procesie szlifowania zastosowano ściernice z dodatkami mikroagregatów ściernych [4]. Pierwsza ściernica S1 zawierała jako ziarno podstawowe elektrokorund szlachetny o numerze ziarna 60 oraz domieszkę agregatów: 20% agregatu elektrokorundu o numerze 46 złożonego z ziaren ściernych o granulacji 120 i 10% agregatu (46) zawierającego ziarna ściernie (120) z węgla krzemu. Druga zastosowana ściernica S2 zawierała ziarno podstawowe węgla krzemu o numerze ziarna 46 oraz domieszkę 30% agregatów o rozmiarze 36 ziarna ściernego o numerze 100 z węgla krzemu.

Na podstawie badań rozpoznawczych przyjęto następujące parametry obróbki:

- posuw wzdłużny  $p_w = 5$  m/min,
- głębokość szlifowania  $g_s = 20$   $\mu\text{m}$ ,
- wydatek cieczy chłodząco-smarującej  $Q = 2$  l/min,
- posuw poprzeczny  $p_p = 0,5$  mm,
- prędkość szlifowania  $v_s = 35$  m/s.



Rys. 1. Obraz powierzchni oraz jej topografia po procesie szlifowania kompozytu ściernicą S2



Rys. 2. Obraz powierzchni oraz jej topografia po procesie szlifowania kompozytu ściernicą S1

Przeprowadzono badania topografii powierzchni obrobionych (rys. 1 i 2) z wykorzystaniem mikroskopu konfokalnego firmy Olympus OLS4000 z powiększeniem 100 $\times$ . Wyznaczono wartości parametrów do oceny chropowatości powierzchni, a ich wartości zestawiono w tabl. II.

**TABLICA II. Wartości parametrów do oceny chropowatości powierzchni obrobionych ściernicami S1 i S2 z zawartością agregatów ściernych**

Parametr \ Ściernica	S2	S1
Sa, $\mu\text{m}$	1,46	3,16
S <sub>t</sub> , $\mu\text{m}$	23,13	49,57
S <sub>p</sub> , $\mu\text{m}$	4,13	7,67
S <sub>v</sub> , $\mu\text{m}$	18,99	41,9

Zaobserwowano niekorzystny mechanizm odrywania małych cząstek wypełnienia z kompozytu, przy czym zdecydowanie większe wgłębienia powstały na powierzchni obrabianej ściernicą S1.

### Wnioski

- Ściernice zawierające agregaty ściernie mogą być stosowane do obróbki materiałów kompozytowych wzmocnianych cząsteczkami minerałów.
- Wysokość chropowatości powierzchni po szlifowaniu z wykorzystaniem ściernicy S2 zawierającej wyłącznie agregaty z węgla krzemu jest znacznie mniejsza w porównaniu z wysokością chropowatości powierzchni po szlifowaniu kompozytu ściernicą S1.
- W celu zniwelowania mechanizmu odrywania cząstek wypełniających kompozyt ze spoiwa lepiej jest zastosować ściernicę S2, zawierającą jako ziarno podstawowe SiC oraz agregaty SiC. Głębokość powstałych kraterów po wyrwanych cząstkach (parametr S<sub>v</sub>) jest ponad dwukrotnie niższa w porównaniu z powierzchnią obrabianą ściernicą S1.
- Analiza pików powstałych na powierzchni obrobionej (parametr S<sub>p</sub>) wykazała, że lepsze efekty uzyskano na powierzchni obrabianej ściernicą S2 z mikroagregatami SiC.

**Badania przeprowadzono w ramach projektu „Innowacyjne, hybrydowe narzędzia ściernie do obróbki stopów metali lekkich”, realizowanego w ramach programu INNOTECH w ścieżce programowej IN-TECH. Nr umowy INNOTECH-K3/IN3/43/229135/NCBR/14.**

### LITERATURA

1. Ashby M.F., Jones P.R. „Materiały inżynierskie”. T. 2. Warszawa: WNT, 1996.
2. Hyla I. „Wybrane zagadnienia z inżynierii materiałów kompozytowych”. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1978.
3. Jones R.G. “Definitions of terms relating to the structure and processing of sols, gels, networks, and inorganic-organic hybrid materials”. (IUPAC Recommendations 2007). *Pure and Applied Chemistry*. 79 (2007): pp. 1801+1829.
4. Kacalak W., Tandecka K., Lipiński D., Szafranec F., Socha E. „Analiza procesów szlifowania specjalnymi ściernicami o budowie mikroagregatowej”. *STAL Metale & Nowe Technologie*. 11–12 (2015): s. 23+27.
5. Kacalak W., Rypina Ł., Tandecka T. “Modelling and analysis of displacement of materials characterized by different properties in the zone of microcutting”. *Journal and Machine Engineering*. Vol. 15, No. 4 (2015): pp.46+58.
6. Lee G.Y., Dharan C.K.H., Ritchie R.O. “A physically-based abrasive wear model for composite materials”. *Wear*. 252 (2002): pp. 322+331. ■