

Wytwarzanie kompozytów w skali makro ze strukturą umacniającą generowaną w technologii SLM – skrawalność

Manufacturing of macro scale composites with strengthening structure made with use of SLM technology – machinability

EMILIA BACHTIAK-RADKA
DAMIAN SOBKÓW
KRZYSZTOF FILIPOWICZ*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.10.156>

Opisano próby określenia skrawalności elementów w związku z badaniami nad wytwarzaniem kompozytów o określonej strukturze umacniającej wykonywanej metodą selektywnego stapiania proszków metali wiązką lasera (SLM). Ponieważ struktury umacniające są wykonywane z materiałów o odmiennych właściwościach niż materiał wypełniający, istnieje problem z doбором narzędzi i parametrów skrawania dla całego elementu. Z tego powodu przeprowadzono wstępne próby określenia możliwości uzyskania dobrej jakości powierzchni przy skrawaniu wytworzonych próbek. Pomiaru struktury powierzchni przeprowadzono z użyciem mikroskopu konfokalnego. Obserwowano granice między strukturą umacniającą a materiałem wypełniającym, aby sprawdzić, czy podczas obróbki materiały te nie są rozdzielane. Oceniano również zużycie narzędzi z różnych materiałów po próbach skrawania z różnymi parametrami.

SŁOWA KLUCZOWE: kompozyty, skrawalność, SLM

Attempts of defining of machinability of manufactured details relative to research aimed to create macro composites with defined strengthening structure made using selective laser melting (SLM technology) were presented. The structures are made of significant different materials than the filling and that causes a problem with choosing the right tools and parameters for the whole element. That is why there were manufactured preliminary tests of achieving similar surface structure while machining manufactured samples. Measurements of surface parameters were made using confocal microscope. Borders between strengthening structure and filler were observed in order to check if the materials were separated during machining. There was also observed wear of machining tools made of different materials after machining with different parameters.

KEYWORDS: composites, machinability, SLM

Wykorzystanie kompozytów, będących połączeniem różnych materiałów z metalami, jest coraz powszechniejsze. Kompozyty o osnowie z metalu (MMC) od 40 lat są stosowane w obszarach przemysłu, w których istnieje zapotrzebowanie na materiały o podwyższonych właściwościach mechanicznych i niskiej gęstości. Właściwości

kompozytów różnią się w zależności od kombinacji struktur umacniających i wypełnienia [1].

Dostępne w literaturze wyniki badań [2, 3] wskazują na rozbieżności pomiędzy skrawalnością materiałów MMC i stopów wykorzystanych na osnowę w zależności od stosowanego umocnienia.

Wytwarzanie MMC jest oparte na rozproszeniu fazy umacniającej w sposób losowy w materiale osnowy. Szczególnym przypadkiem jest zastosowanie metody SLM do wytwarzania kompozytów z nanocząstek zawieszonych w osnowie z metalu [4].

Dzięki rozwojowi technik wytwarzania przyrostowego można tworzyć coraz bardziej skomplikowane struktury geometryczne. W trakcie badań nad konstrukcjami mikrokratownicowymi [5] uzyskano obiecujące wyniki wytwarzania metodą SLM komponentów o dobrej wytrzymałości w kluczowych dla danej konstrukcji kierunkach przy jak najniższej masie. Odkryto możliwość uzyskania struktur o ściśle określonych właściwościach wytrzymałościowych przy obciążeniach statycznych, jednakże ich niska masa powoduje problemy z tłumieniem drgań w takich elementach. W związku z tym niejako równolegle powstał pomysł na zwiększenie właściwości tłumiących, np. poprzez wypełnienie przestrzeni między belkami kratownicy materiałem. Powstaje wówczas struktura kompozytowa w skali makro, w której fazą umacniającą jest kratownica o określonej wytrzymałości utworzona w technologii SLM z wypełnieniem (osnową) z danego materiału.

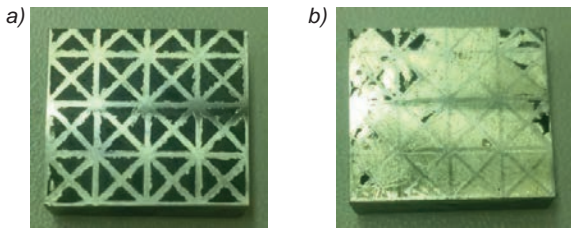
Opis badań

Ze względu na dużą dostępność materiału i prowadzone już badania nad strukturami wykonywanymi metodą SLM do wytwarzania fazy umacniającej zastosowano stal 1.4404. Jako wypełnienie do badań wstępnych wybrano dwa rodzaje materiałów, z których właściwości wynikało, że łatwo będą się łączyć z materiałem struktury umacniającej.

Pierwszy z nich to żywica syntetyczna MeCaTeCMe-CaFix 100, charakteryzująca się dobrą przyczepnością do stali nierdzewnych oraz niską gęstością ($1,5 \text{ g/cm}^3$). Drugi materiał wypełniający to lut do stali nierdzewnych TDB 1020 XFC, umożliwiający wypełnienie szczelin już od 0,05 mm. Materiały te zostały dobrane i zastosowane we współpracy z firmą Messer Eutectic Castolin z Gliwic.

Przygotowane do skrawania próbki przedstawiono na rys. 1.

* Mgr inż. Emilia Bachtia-Radka (emilia.bachtia-radka@zut.edu.pl), mgr inż. Damian Sobków (damian.sobkow@zut.edu.pl), dr inż. Krzysztof Filipowicz (kfilipowicz@zut.edu.pl) – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie



Rys. 1. Zdjęcia próbek przygotowanych do frezowania: a) próbka wypełniona żywicą MeCaTeCMeCaFix 100, b) próbka wypełniona materiałem TDB 1020 XFC

Po wstępnym wyrównaniu powierzchni i grubości próbek przeprowadzono próby frezowania otrzymanych kompozytów za pomocą dwóch rodzajów płytek skrawających. Za każdym razem wykorzystywano nowe krawędzie skrawające.

Do badań został użyty frez dwuostrzowy C210.16.R.02 firmy Sandvik z płytkami typu R390 11T3 08. Wykorzystano płytki przeznaczone do obróbki stali nierdzewnych, ale z dopuszczalnym użyciem do obróbki lekkich stopów (gatunek węgla 4240) oraz płytki uniwersalne (gatunek 1025).

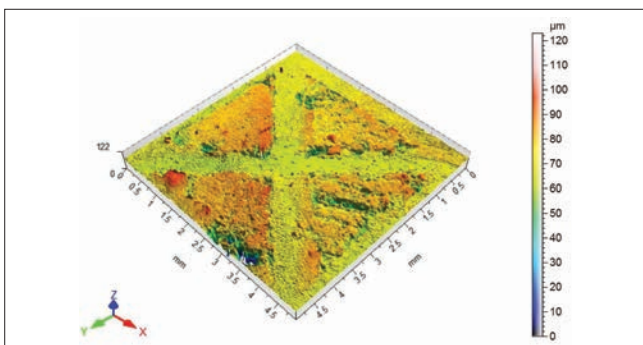
Próby skrawania prowadzono na trzyosiowym centrum frezarskim MIKRON VCE 500, znajdującym się na wyposażeniu pracowni mechanicznej Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Dla każdej próbki wykonano trzy przejścia o głębokości $a_p = 0,5$ mm. Aby możliwe było zaobserwowanie wpływu prędkości skrawania na uzyskane parametry powierzchni, wszystkie próbki zostały obrobione z tym samym posuwem jednostkowym $f_z = 0,025$ mm. Za każdym razem zastosowano dwie prędkości skrawania zalecane do obróbki stali nierdzewnych ($v_c = 290$ m/min dla płytek z gatunku 1025 i $v_c = 240$ m/min dla gatunku 4240). Przeprowadzono także próby z prędkościami zbliżonymi do prędkości zalecanych do obróbki materiałów nieżelaznych ($v_c = 240$ m/min dla gatunku 1025 i $v_c = 270$ m/min dla gatunku 4240).

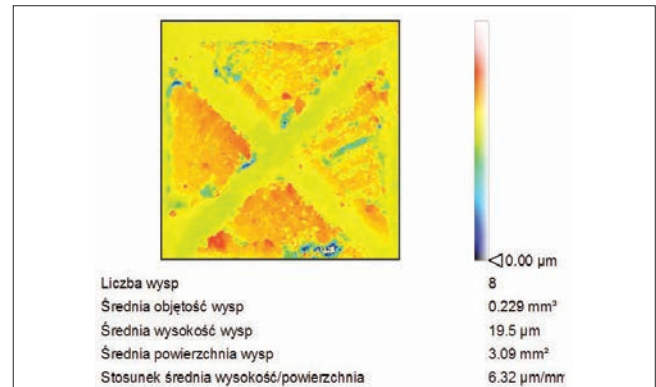
Pomiary

Wszystkie próbki zostały oczyszczone, po czym dokonano pomiarów struktury geometrycznej powierzchni mikroskopem konfokalnym AltiSurf A520 firmy Altimet, znajdującym się na wyposażeniu Laboratorium Topografii Powierzchni (LTP) WIMiM.

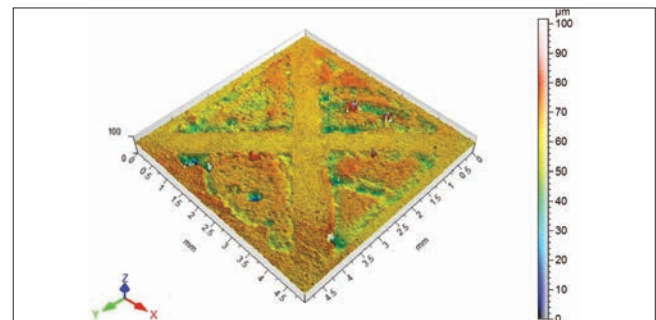
Okazało się, że wpływ prędkości skrawania na parametry SGP jest niezauważalny, natomiast wyraźnie widoczna jest różnica w strukturze powierzchni próbek obrobionych różnymi płytkami. Na rys. 2–9 przedstawiono obraz powierzchni pomiarowych obrobionych próbek oraz ich ogólną charakterystykę.



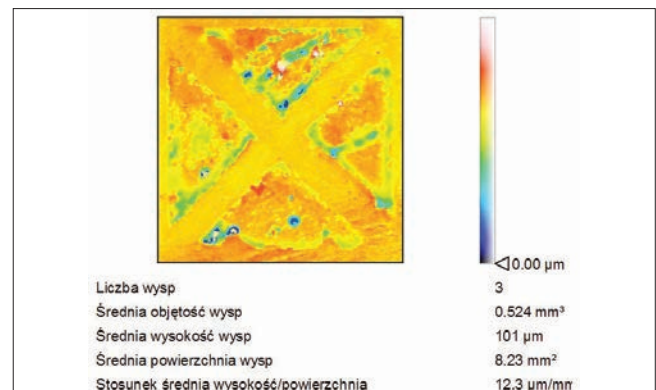
Rys. 2. Obraz topografii powierzchni próbki wypełnionej żywicą MeCaTeCMeCaFix 100 po obróbce płytkami z gatunku 1025



Rys. 3. Analiza topografii powierzchni próbki wypełnionej żywicą MeCaTeCMeCaFix 100 po obróbce płytkami z gatunku 1025

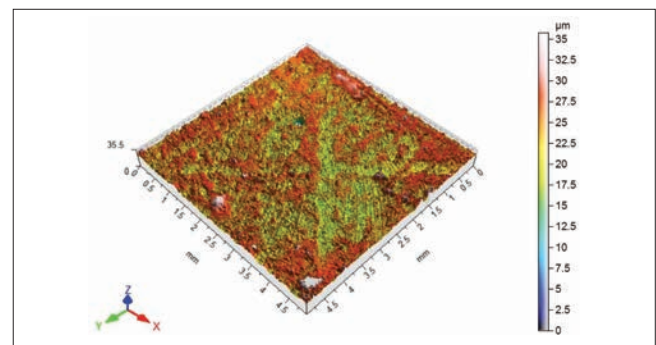


Rys. 4. Obraz topografii powierzchni próbki wypełnionej żywicą MeCaTeCMeCaFix 100 po obróbce płytkami z gatunku 4240

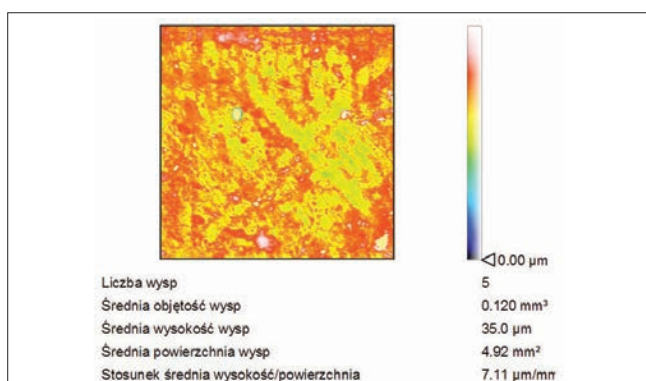


Rys. 5. Analiza topografii powierzchni próbki wypełnionej żywicą MeCaTeCMeCaFix 100 po obróbce płytkami z gatunku 4240

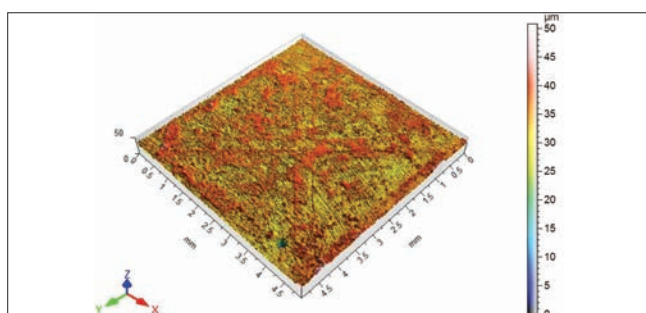
W przypadku próbek wypełnionych polimerem wyraźnie widać korzystniejszą, bardziej równomierną strukturę powierzchni uzyskaną za pomocą płytek do obróbki stali nierdzewnej. Dokładna analiza potwierdza również, że w większości wypadków lepsze były też wskaźniki jakości w zobrazowaniu powierzchni po wykonaniu pomiaru mikroskopem konfokalnym.



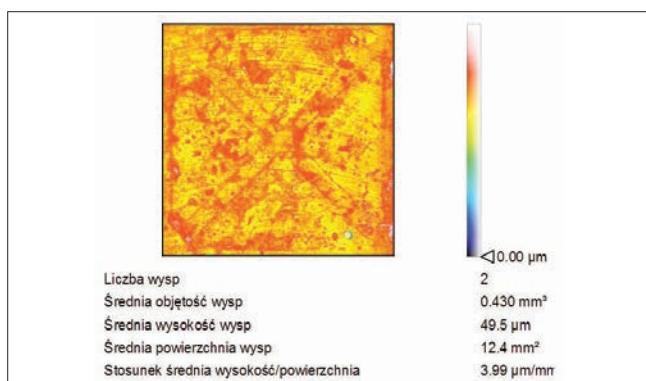
Rys. 6. Obraz topografii powierzchni próbki wypełnionej lutem TDB 1020 XFC po obróbce płytkami z gatunku 1025



Rys. 7. Analiza topografii powierzchni próbki wypełnionej lutem TDB 1020 XFC po obróbce płytkami z gatunku 1025



Rys. 8. Obraz topografii powierzchni próbki wypełnionej lutem TDB 1020 XFC po obróbce płytkami z gatunku 4240



Rys. 9. Analiza topografii powierzchni próbki wypełnionej lutem TDB 1020 XFC po obróbce płytkami z gatunku 4240

W przypadku próbek wypełnionych materiałem metalowym da się zauważyć odwrotną tendencję, tj. bardziej równomierną powierzchnię zapewniła obróbka z zastosowaniem płytek uniwersalnych. Należy jednak zaznaczyć, że ogólnie uzyskana struktura powierzchni jest znacznie lepsza od struktury uzyskanej na próbkach wypełnionych polimerem, co opisuje parametr S_a (tablica). Jest to prawdopodobnie spowodowane znaczną różnicą w twardości oraz wytrzymałości łączonych materiałów w przypadku łączenia stali nierdzewnej z żywicą.

Zarówno w próbkach wypełnionych materiałem metalowym, jak i polimerem zauważalna jest granica między powierzchnią materiału umacniającego i wypełnienia.

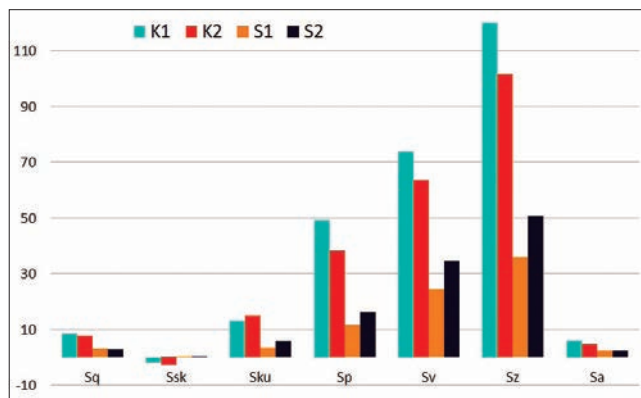
TABLICA. Zestawienie parametrów amplitudowych

Próbka	S_q	S_{sk}	S_{ku}	S_p	S_v	S_z	S_a
K1	8,55	-1,84	12,93	49,24	73,83	123,07	6,03
K2	7,65	-2,55	14,97	38,17	63,43	101,60	4,71
S1	3,07	0,01	3,38	11,47	24,29	35,76	2,47
S2	2,86	0,22	5,84	16,21	34,58	50,79	2,30

Podsumowanie

Wstępne badania potwierdzają możliwość wytwarzania kompozytów ze strukturą umacniającą generowaną z wykorzystaniem technologii SLM. Po obróbce frezowaniem próbek okazało się, że struktury wykorzystane jako faza umacniająca zostały w znacznym stopniu wypełnione materiałami zastosowanymi jako osnowa.

Skrawanie uzyskanych kompozytów również daje efekty. Wyraźny jest wpływ wypełnienia na uzyskaną strukturę geometryczną powierzchni w zależności od narzędzia. Zestawienie zmierzonych wartości wskaźników struktury geometrycznej powierzchni przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Zestawienie wskaźników jakości powierzchni dla próbek wypełnionych polimerem: K1 – próbka obrabiana płytkami z gatunku 1025, K2 – próbka obrabiana płytkami z gatunku 4240, i próbek wypełnionych metalem: S1 – próbka obrabiana płytkami z gatunku 1025, S2 – próbka obrabiana płytkami z gatunku 4240

We wszystkich wskaźnikach da się zauważyć wyraźną różnicę między jakością powierzchni próbek wypełnionych polimerem i próbek wypełnionych materiałem metalowym. W próbkach z jednakowym wypełnieniem uzyskano zbliżone wartości średniej wysokości chropowatości (S_a) i wysokości średniokwadratowej (S_q). Parametry asymetrii (S_{sk}) i kurtozy (S_{ku}) powierzchni również zachowują zbliżone wartości dla próbek z tym samym wypełnieniem.

W przypadku parametrów maksymalnych (maksymalnej wysokości piku – S_p ; maksymalnej głębokości wgłębienia – S_v ; maksymalnej wysokości chropowatości S_z) da się natomiast wskazać wyraźne różnice pomiędzy wartościami uzyskanymi za pomocą ostrzy wykonanych z różnych gatunków węgla. Przy czym należy zauważyć, że przy wypełnieniu żywicą polimerową lepsze parametry uzyskano za pomocą płytek z bardziej uniwersalnego gatunku (1025), natomiast przy wypełnieniu metalowym – z użyciem gatunku zalecanego do stali nierdzewnej (4240).

Prowadzone są dalsze badania w celu określenia wpływu materiałów wypełniających na właściwości mechaniczne otrzymanych elementów.

LITERATURA

1. Pramanik A., Zhang L.C., Arsecularatne J.A. "Deformation mechanisms of MMCs under indentation". *Composites Science and Technology*. 68 (2008): s. 1304–1312.
2. Kanca E., Gunen A. "Investigations on machinability of Al2O3 reinforced Al6061 Metal Matrix Composites". *Journal of Natural and Applied Sciences*. 20, 2 (2016): s. 434–441.
3. Manna A., Bhattacharaya B. "A study on machinability of Al/SiC-MMC". *Journal of Materials Processing Technology*. 140 (2003): s. 711–716.
4. Biedunkiewicz A. i in. „Właściwości kompozytów MMC zawierających węgliki z układu Ti-Mo-C wytwarzanych metodą nadtopienia SLS/M". *Inżynieria Materiałowa*. 35, 6 (2014): s. 451–454.
5. Boruciński M., Królikowski M. "Design of non-uniform truss structures for improved part properties". *Advances in Manufacturing Science and Technology*. 37, 4 (2013): s. 77–85.
6. www.sandvik.coromant.com/pl-pl (dostęp: 15.06.2018 r.).