

Analiza wpływu sposobu kształtowania powierzchni gniazda formy wtryskowej na wybrane parametry struktury geometrycznej powierzchni 3D

A study of surface formation of the mould cavity injection influencing 3D surface texture

SARA DUDZIŃSKA *
DANIEL GROCHAŁA
DARIUSZ GRZESIAK

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.263

Przyrostowe technologie wytwarzania, w tym selektywne stapianie laserowe (SLM), stworzyły nowe możliwości efektywnego wytwarzania złożonych geometrycznie elementów. Pomimo niedoskonałości tej technologii (jedną z najważniejszych jest bardzo wysoka chropowatość uzyskanych powierzchni) jej zastosowanie do wstępnego uformowania wytwarzanego elementu i sprowadzenie obróbki skrawaniem do roli końcowego etapu procesu technologicznego, podczas którego zbiera się bardzo niewielki naddatek materiału, może przynieść wymierne korzyści ekonomiczne. Jednakże struktura geometryczna powierzchni (SGP) takich elementów może się znacznie różnić od SGP elementów przygotowanych poprzez obróbkę z pełnego materiału. Autorzy przedstawiają wyniki porównania powierzchni elementów wytworzonych z klasycznego półfabrykatu oraz wstępnie uformowanych z użyciem SLM.

SŁOWA KLUCZOWE: obróbka skrawaniem, selektywne stapianie laserowe, SLM, struktura geometryczna powierzchni, SGP, mikroskopia konfokalna

Additive manufacturing technologies e.g. selective laser melting (SLM) had created new possibilities of effective manufacturing geometrically complicated parts. Despite this technology is imperfect (e.g. very high surface roughness parameters), apply it to preform produced item and use machining only to the role of the final stage of the process can gives tangible economic benefits. However surface texture of such elements may be significantly different from the surface texture of the parts processed by machining from a solid material. The authors present the results of comparing the surface texture of components made from classic blank and pre-formed using SLM.

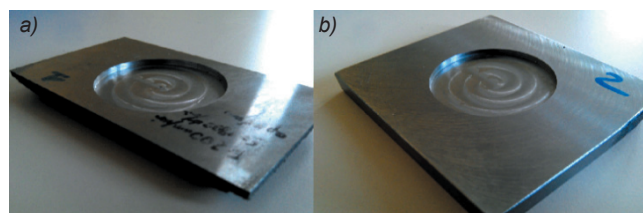
KEYWORDS: machining, selective laser melting, surface texture, confocal microscopy

Przetwórstwo wtryskowe należy do najbardziej powszechnych metod wytwarzania elementów z tworzyw polimerowych [1]. Na jakość wypraski mają wpływ zarówno stan powierzchni gniazda formy wtryskowej, jak i parametry procesu oraz zapewnienie równomiernego rozkładu temperatury w formie [2÷4]. Dzięki rozwojowi technik szybkiego prototypowania i ich coraz większej popularności możliwe jest uzyskanie dowolnie ukształtowanych kanałów chłodzących (tzw. kanałów konformalnych), co pozwala na zastosowanie intensywnego chłodzenia, a w efekcie skrócenie cyklu procesu wtryskowego [5÷6]. Zastosowanie technik SLM/SLS do wstępnego formowania wkładek form wtryskowych daje dodatkowe korzyści.

Są one związane ze zminimalizowaniem zużycia narzędzi skrawających. Szybkie zużycie narzędzi jest problemem zwłaszcza przy obróbce materiałów trudno skrawalnych lub utwardzonych, a do takich można zaliczyć stale stosowane na formy wtryskowe. Specyfika procesu SLM (m.in. duże gradienty temperatur podczas stapiania, możliwość występowania porowatości) powoduje, że powierzchnia elementów uzyskanych w procesie technologicznym zakładającym wyłącznie obróbkę wykończeniową wstępnie uformowanej za pomocą SLM geometrii może się okazać diametralnie różna od przygotowanej klasycznie, czyli za pomocą obróbki z pełnego materiału.

Metodyka badań

■ **Materiał badawczy.** W Laboratorium Topografii Powierzchni ZUT w Szczecinie wykonano badania powierzchni gniazd wkładek form wtryskowych. Wkładowki przygotowano w dwóch różnych procesach technologicznych. Pierwszą wstępnie uformowano metodą SLM z proszku stali H13, a następnie gniazdo formy zostało obrobione przez frezowanie z prędkością skrawania $v_c = 45$ m/min, posuwem $f_n = 200$ mm/min oraz głębokością skrawania $a_p = 1$ mm. Druga wkładka powstała z przygotówki ze stali H13, pochodzącej z klasycznego procesu metalurgicznego z huty. Gniazdo zostało wyfrezowane z takimi samymi parametrami. Na rys. 1 pokazano powierzchnie badanych gniazd wkładek form wtryskowych.



Rys. 1. Powierzchnie frezowanych gniazd formy wtryskowej: a) wstępnie uformowanej metodą SLM; b) obrobionej z pełnego materiału

■ **Metodyka pomiarów.** Pomiary SGP badanych próbek przeprowadzono z użyciem multisensorycznej maszyny do badań topografii powierzchni AltıSurf A520, firmy Altimet. Wykorzystano chromatyczny sensor konfokalny CL1 o zakresie pracy do 130 μ m i rozdzielczości pionowej 8 nm. Metoda pomiarowa była zgodna z warunkami opisanymi w normie: PN-EN ISO 25178-602:2010. Pomiary wykonano na wybranych polach o wymiarach 4 × 4 mm. Zebrane dane poddano analizie i opracowano topografię powierzchni zgodnie z normą ISO 25178 z wykorzystaniem oprogramowania AltıMap PREMIUM 6.2. Każdorazowo dla zarejestrowanej chmury punktów powierzchni stosowano metodę analizy topografii powierzchni, która obejmowała:

* Mgr inż. Sara Dudzińska (sara.dudzinska@zut.edu.pl), dr inż. Daniel Grochała (daniel.grochala@zut.edu.pl), dr inż. Dariusz Grzesiak (dariusz.grzesiak@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

- skanowanie badanej powierzchni o wymiarach $4,0 \times 4,0$ mm,
- wyodrębnienie fragmentu zeskanowanej powierzchni o wymiarach 2×2 mm,
- wyznaczenie na każdym z wyodrębnionych pól pomiarowych wartości progowej w celu usunięcia błędnie zebranych punktów powierzchni (punkty usuwane ustawiono jako wartości niemierzone),
- poziomowanie powierzchni (płaszczyznę średnią, wyznaczaną metodą najmniejszych kwadratów LS),
- wyznaczenie wartości wybranych stereometrycznych parametrów chropowatości według ISO 25178.

Wyniki badań

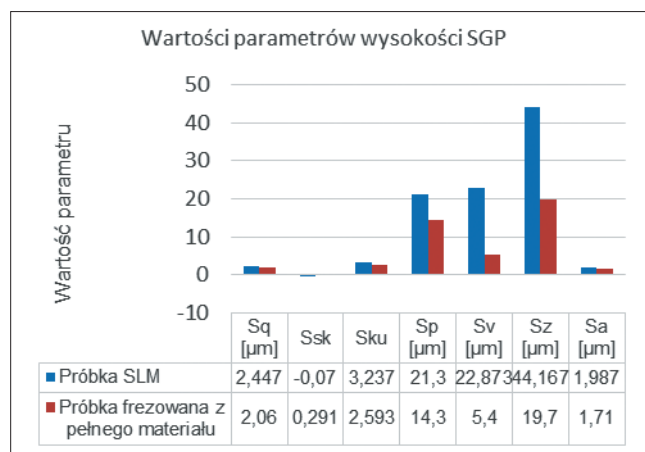
Uzyskane wyniki dla obrobionych powierzchni gniazda wkładek form wtryskowych wytworzonych z półfabrykatu oraz wstępnie uformowanych z użyciem SLM przedstawiono w tablicy.

TABLICA. Wartości wybranych parametrów topografii powierzchni gniazda formy wtryskowej wstępnie uformowanej z wykorzystaniem SLM oraz obrobionej z pełnego materiału

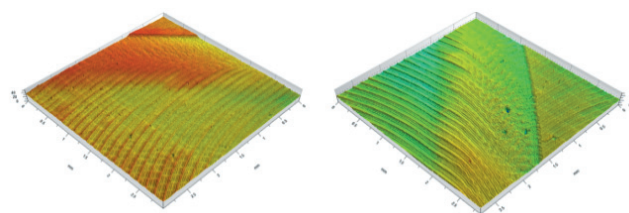
Nazwa parametru	Wartość parametru dla powierzchni gniazda formy wstępnie uformowanej przez SLM	Wartość parametru dla powierzchni gniazda formy obrobionej z pełnego materiału
Sq	2,447	2,060
Ssk	-0,070	0,291
Sku	3,237	2,593
Sp	21,3	14,3
Sv	22,873	5,40
Sz	44,167	19,70
Sa	1,987	1,71
Sk	1,153	0,634
Svk	0,636	0,2457
Sal	0,307	0,455
Str	0,167	0,316
Std	42,567	34,663

Otrzymane średnie wartości wysokościowych parametrów powierzchni 3D dla obu powierzchni gniazd wkładek form wtryskowych przedstawiono na rys. 2. Można zauważyć wyższe wartości zarówno parametrów wysokościowych, jak i funkcyjnych powierzchni gniazda wkładki formy wtryskowej wstępnie uformowanej z użyciem SLM.

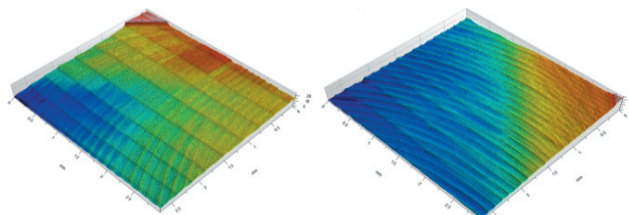
Na rys. 3 i 4 przedstawiono przykładowe zarejestrowane podczas badań powierzchnie obu gniazd w postaci obrazów izometrycznych, z których zostały usunięte punkty niemierzone. Na powierzchni gniazda wkładki



Rys. 2. Średnie wartości wybranych parametrów wysokościowych SGP 3D dla powierzchni gniazda formy wtryskowej wstępnie uformowanej przez SLM i wytworzonej z prefabrykatu



Rys. 3. Obrazy izometryczne wybranych powierzchni gniazda formy wtryskowej wstępnie uformowanej przez SLM



Rys. 4. Obrazy izometryczne wybranych powierzchni gniazda formy wtryskowej uzyskanej za pomocą obróbki z pełnego materiału

wstępnie uformowanej przez selektywne stapianie jest widoczna charakterystyczna dla tego procesu porowata struktura. Może ona utrudniać wypełnienie gniazda formy wtryskowej przez tworzywo. Aby usunąć porowatość, należałoby przeprowadzić dokładną obróbkę wykończeniową, poprawiającą stan SGP.

Podsumowanie

Pomimo zastosowania tych samych parametrów obróbki powierzchni gniazda formy wtryskowej parametry SGP różnią się między sobą. Powierzchnia gniazda wkładki formy wtryskowej, która została przygotowana z elementu wstępnie uformowanego techniką SLM, charakteryzuje się wyższymi wartościami parametrów wysokości oraz parametrów funkcyjnych (o ok. 20%, a w niektórych przypadkach nawet o 80%). Ma to związek z porowatością, która jest charakterystyczna dla elementów otrzymanych technikami SLM/SLS. Aby poprawić gładkość powierzchni gniazda formy, należałoby przeprowadzić dodatkową obróbkę wykończeniową.

Zapoczątkowane badania będą kontynuowane. Bardzo ważne będzie powiązanie SGP gniazda formy wtryskowej z SGP powstałej wypraski. Stworzenie parametru, który wskazywałby taki związek, nie tylko umożliwiłby lepszą ocenę jakości gotowego wyrobu, ale także ułatwiłby zaplanowanie procesu technologicznego wytworzenia form wtryskowych.

LITERATURA

- Osswald T.A., Menges G. „Material Science of Polymers for Engineers”. Munich: Carl Hanser Verlag, 2012.
- Wang W., Zhao G., Guan Y., Wu X., Hui Y. „Effect of rapid heating cycle injection mold temperature on crystal structures, morphology of polypropylene and surface quality of plastic parts”. *Journal of Polymer Research*. Vol. 5, No. 22 (2015): pp. 1÷11.
- Chen S.C., Jong W.R., Chang J.A. “Dynamic mold surface temperature control using induction heating and its effects on the surface appearance of weld line”. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 101, No. 2 (2006): pp. 1174÷1180.
- Xiao C.L., Huang H.X., Yang X. “Development and application of rapid thermal cycling molding with electric heating for improving surface quality of microcellular injection molded parts”. *Applied Thermal Engineering*. 100 (2016): pp. 478÷489.
- Postawa P. „Chłodzenie konformalne form wtryskowych”. Rozdział w monografii. *TeKa Komisji Budowy i Eksploatacji Maszyn, Elektrotechniki, Budownictwa*. Nr 2 (2008): s. 129÷131.
- Wang Y., Yu K.M., Wang C.C. “Spiral and conformal cooling in plastic injection molding”. *Computer-Aided Design*. Vol. 63 (2015): pp. 1÷11.