

Wpływ metody „sklejania” powierzchni na zmianę wartości parametrów struktury geometrycznej powierzchni

The effect of stitching method on the change of surface topography parameters

ANDRZEJ DZIERWA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.5-6.81

Międzynarodowa Konferencja IMT 2016

Analizie poddano kilka struktur geometrycznych powierzchni zmierzonych za pomocą interferometru Talysurf CCI Lite. Wykorzystano trzy typy obiektywów: nr 5, 10, 20. W przypadku obiektywów nr 10 i 20 dokonano sklejania powierzchni, by uzyskać identyczny obszar pomiarowy jak w przypadku obiektywu nr 5. Analizowano wpływ sklejania powierzchni na wartości parametrów SGP.

SŁOWA KLUCZOWE: struktura geometryczna powierzchni, sklejanie powierzchni, pomiary SGP

Several surface topographies were analysed. Measurements were made by interferometer Talysurf CCI Lite using 3 types of lenses: 5, 10, 20. In the case of lenses 10 and 20 surfaces were stitched using software in order to get the same area as in the case of lens 5. The effect of stitching method on the surface topography parameters was studied.

KEYWORDS: surface topography, stitching method, surface topography measurement

Struktura geometryczna powierzchni (SGP) zaliczana jest do ważniejszych czynników decydujących o jej jakości. Wpływa na własności eksploatacyjne elementów maszyn, wytrzymałość zmęczeniową, odporność na korozję, szczelność połączeń czy też własności magnetyczne [1]. SGP złożona jest z trzech składników: odchyłki kształtu, falistości i chropowatości powierzchni. Odchyłki kształtu są odchyłkami dużej skali, odchyłki falistości – średniej, a odchyłki chropowatości – małej skali [2, 3].

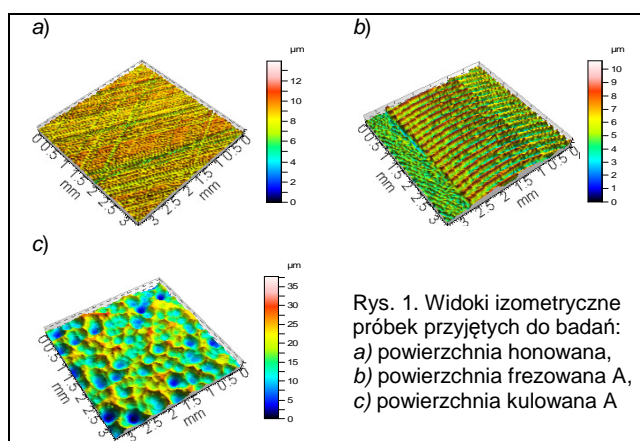
W ostatniej dekadzie wyraźnie wzrosło zainteresowanie analizą trójwymiarową, ponieważ pojedynczy profil nie charakteryzuje odpowiednio całej powierzchni. Opracowano również duży zbiór parametrów struktury geometrycznej powierzchni w układzie 3D dokładnie opisujących stan powierzchni [4]. Metody analizy przestrzennej powierzchni można ogólnie podzielić na dwie kategorie [5]: metody powierzchniowe (są to metody wykorzystujące rozpraszanie światła, interferencyjne itp.), oraz metody profilowe, które polegają na zbieraniu danych pomiarowych w określonych punktach w kierunkach X i Y i na ich podstawie odtwarzają obraz powierzchni. Na każdą z metod pomiaru struktury geometrycznej powierzchni może wpływać wiele czynników skutkujących mniejszą lub większą dokładnością pomiaru. Mogą to być czynniki związane m.in. z wyposażeniem pomiarowym, mierzonym elementem, oprogramowaniem, przyjętą metodą pomiaru czy też warunkami pomiaru [6–10]. Celem przeprowadzonych badań była analiza wpływu „sklejania” powierzchni na zmianę wartości parametrów SGP. Drugim celem było wyselekcjonowanie parametrów najbardziej i najmniej wrażliwych na zmiany ich wartości przy sklejaniu powierzchni.

Metodyka badań

Analizie poddano osiem struktur geometrycznych powierzchni o różnej wartości wskaźnika tekstury powierzchni – *Str* oraz różnej wartości parametru *Sa* – średnie arytmetyczne odchylenie powierzchni (tabl. I). W tabl. I zaprezentowano również wybrane parametry SGP: współczynnik nachylenia – *Sku* oraz długość odcinka najszybszego zanikania funkcji autokorelacji – *Sal*. Obróbkę wykończeniową próbek stanowiły: szlifowanie, docieranie, frezowanie (2 warianty), honowanie i kulowanie (3 warianty). Widoki izometryczne wybranych powierzchni przedstawiono na rys. 1. Wszystkie mierzone i analizowane parametry struktury geometrycznej powierzchni były zgodne z [4].

TABLICA I. Wybrane parametry SGP próbek przyjętych do badań

Próbka	Parametry SGP			
	<i>Str</i>	<i>Sa</i>	<i>Sku</i>	<i>Sal</i>
Frezowana A	0,121	1,36	2,7	0,0412
Frezowana B	0,061	0,327	2,99	0,0508
Szlifowana	0,019	0,239	4,13	0,0096
Polerowana	0,252	0,148	10,6	0,0574
Kulowana A	0,897	4,36	2,57	0,186
Kulowana B	0,901	3,53	2,68	0,143
Kulowana C	0,861	1,78	3,04	0,0534
Honowana	0,014	0,817	4,35	0,0164



Pomiaru SGP dokonywano przy użyciu interferometru światła białego Talysurf CCI Lite w wersji 2.8.2.95. Rozdzielczość pionowa urządzenia wynosiła 0,01 nm, a mierzony obszar podstawowy wynosił 3,3 × 3,3 mm (obiektyw nr 5). Następnie wszystkie powierzchnie były mierzone w tym samym miejscu za pomocą innych obiektywów – w przypadku obiektywu nr 10 obszar pomiarowy wynosił 1,65 × 1,65 mm, a w przypadku obiektywu nr 20 obszar pomiarowy wynosił 0,83 × 0,83 mm. W przypadku obiekty-

* Dr inż. Andrzej Dzierwa (adkmiop@prz.edu.pl) – Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

wów nr 10 i 20 dokonywano programowego „sklejania” powierzchni, aby uzyskać identyczny obszar pomiarowy, jak w przypadku obiektywu nr 5. Każdy pomiar dokonywany był z trzykrotną powtarzalnością. Po pomiarze powierzchnie były poziomowane, a ewentualne punkty niezmierzone usuwano, stosując algorytm „do najbliższego sąsiada”. Parametry SGP były obliczane za pomocą oprogramowania TalyMap Gold 6.0. Jako element odniesienia do oceny zmian parametrów SGP przyjmowano powierzchnie zmierzone przy pomocy obiektywu nr 5.

Wyniki badań i ich analiza

Pełne wyniki badań dotyczące próbek honowanej zaprezentowano w tabl. II. Podobne zestawienia opracowano dla każdej badanej struktury geometrycznej powierzchni. W tablicy zaprezentowano oznaczenie parametrów SGP zgodnie z [4] oraz wyniki pomiarów dokonanych za pomocą poszczególnych obiektywów (nr 5, 10, 20). W przypadku obiektywów nr 10 i 20 powierzchnie sklejały odpowiednio z 9 i 25 obszarów, aby docelowo uzyskać obszar $3,3 \times 3,3$ mm, odpowiadający obszarowi uzyskanemu dzięki obiektywowi nr 5 bez sklejanego.

TABLICA II. Parametry SGP próbki honowanej

Parametr	Wyniki pomiarów			zmiany, %	
	ob. 5	ob. 10	ob. 20	ob. 10	ob. 20
Sq, μm	1,06	1,08	1,12	1,8	5,6
Ssk	-0,804	-0,82	-0,815	1,9	1,3
Sku	4,35	5,12	4,91	17,7	12,8
Sp, μm	6,84	9,5	10,2	38,6	49,1
Sv, μm	7,31	10,8	12,5	47,7	69,8
Sz, μm	14,1	20,3	23,1	40,5	63,8
Sa, μm	0,817	0,827	0,858	1,2	5,0
Smr, %	0,00066	9,9E-05	6,1E-06	85,1	99,0
Smc, μm	1,21	1,23	1,28	1,6	5,7
Sxp, μm	2,65	2,67	2,73	0,7	3,0
Sal, mm	0,0164	0,0164	0,0164	0	0
Str	0,0144	0,0149	0,013	3,4	9,7
Std, °	155	155	155	0	0
Sdq, °	0,178	0,279	0,311	56,7	74,4
Sdr, %	1,51	2,41	2,88	59,8	89,8
Vm, mm^3/mm^2	3,4E-05	3,6E-05	3,8E-05	5,2	10,7
Vv, mm^3/mm^2	0,00124	0,00127	0,0013	2,4	5,6
Vmp, mm^3/mm^2	3,4E-05	3,6E-05	3,8E-05	5,2	10,7
Vmc, mm^3/mm^2	0,00091	0,00091	0,00094	0,1	3,9
Vvc, mm^3/mm^2	0,0011	0,001	0,0014	1,8	5,5
Vvv, mm^3/mm^2	0,00016	0,00017	0,00017	2,4	4,8
Spd, 1/mm ²	330	198	324	40,0	1,8
Spc, 1/mm	91,9	162	173	76,8	86,4
S10z, μm	8,8	16,3	14,7	85,2	67,0
S5p, μm	5,02	9,71	7,84	93,4	56,1
S5v, μm	3,78	6,56	6,91	73,5	82,8
Sda, mm^2	0,00652	0,0106	0,00693	62,5	6,2
Sha, mm^2	0,00299	0,00499	0,00305	66,8	2,0
Sdv, mm^3	4,0E-07	7,3E-07	4,4E-07	80,6	8,9
Shv, mm^3	3,6E-07	5,6E-07	4,8E-07	56,2	33,8
Sk, μm	2,24	2,18	2,37	2,6	5,8
Spk, μm	0,702	0,683	0,723	2,7	2,9
Svk, μm	1,62	1,64	1,7	1,2	4,9
Sr1, %	7,82	8,1	7,56	3,5	3,3
Sr2, %	85,6	85,7	85,9	0,1	0,3

Wyniki pomiarów wykazały, że najbardziej wrażliwym parametrem przy sklejanym powierzchni jest parametr Smr – udział materiałowy powierzchni na określonej wysokości c. Zmiany tego parametru wynosiły od 42% w przypadku powierzchni szlifowanej do 188% w przypadku powierzchni kulowanej A. Wyraźne zmiany zaobserwowano również w przypadku kilku parametrów cech: Spc – średnia arytmetyczna krzywizna szczytów powierzchni, S10z – wysokość wg 10 punktów, S5p – średnia pięciu najwyższych pików powierzchni oraz S5v – średnia pięciu największych wgłębień powierzchni. Różnice w pomiarach tych parametrów

wynosiły od ok. 20% w przypadku próbki frezowanej B do ponad 80% w przypadku próbki honowanej oraz kulowanej A. Dużym rozrzutem charakteryzowały się parametry hybrydowe: Sdq – średnie kwadratowe nachylenie nierówności powierzchni oraz Sdr – współczynnik rozwinięcia obszaru wydzielonego. W przypadku próbek kulowanej A i honowanej, zmiany tych parametrów wskutek sklejanego powierzchni dochodziły do ok. 80%. Z kolei w przypadku powierzchni frezowanej B, szlifowanej czy też polerowanej, zmiany te nie przekraczały 10%.

Do najbardziej stabilnych i najmniej wrażliwych na proces sklejanego parametrów SGP zaliczyć można parametry funkcyjne objętościowe (Vm, Vv, Vmp, Vmc, Vvc oraz Vvv). Zmiany tych parametrów w zasadzie nie przekraczały 10%. Jeszcze lepsze rezultaty osiągnięto dla takich parametrów amplitudowych jak Sa, Sq, Ssk, a także parametrów krzywej nośności Sk, Spk, Svk, Sr1, Sr2. W tym wypadku różnice wyników pomiarów były mniejsze niż 5%. Parametry te z pewnością można rekomendować (podobnie jak parametry funkcyjne objętościowe) do grupy parametrów opisujących strukturę geometryczną powierzchni jako najmniej wrażliwe na stosowanie zaprezentowanej metody sklejanego powierzchni.

Podsumowanie

Badania wykazały, że wykorzystując metodę sklejanego powierzchni zmierzonych profilometrem optycznym, można spowodować widoczne zmiany niektórych parametrów struktury geometrycznej powierzchni, a które w konsekwencji mogą być źródłem błędów pomiaru SGP. Spośród szeregu parametrów charakteryzujących SGP do najmniej wrażliwych na zmianę wywołaną sklejanym powierzchni zaliczyć należy parametry przestrzenne, parametry funkcyjne z grupy V, funkcyjne z grupy Sk oraz część amplitudowych (Sa, Sq, Ssk). Z kolei do parametrów, dla których sklejanego powierzchni powodowało ich wyraźne zmiany, zaliczyć należy przede wszystkim niektóre parametry cech oraz parametr Smr. Wydaje się, że metoda obliczania parametru Smr powinna być zmieniona. Z pewnością należałoby również rozważyć potrzebę stosowania tych parametrów w celu uniknięcia dużej niepewności pomiarów.

LITERATURA

- Patejuk A., Poniatowska M. „Struktura geometryczna powierzchni kompozytów odlewniczych typu FeAl-Al₂O₃ po próbach tarcia”. *Archiwum Odlewnictwa*. R. 6, nr 18 (2006): s. 381–386.
- Pawlus P. „Topografia powierzchni – pomiar, analiza, oddziaływanie”. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2006.
- Czarnecki H., Tagowski M. „Struktura geometryczna powierzchni zębów koła zębatego po nagniataniu dynamicznym”. *Mechanik*. R. 87, nr 11CD (2014): s. 935/25–40.
- PN-EN ISO 25178-2:2012 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 2: Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.
- Adamczak S. „Pomiary geometryczne powierzchni. Zarys kształtu, falistość i chropowatość”. Warszawa: WNT, 2008.
- Dzierwa A., Reizer R., Pawlus P., Graboń W. „Variability of areal surface topography parameters due to the change in surface orientation to measurement direction”. *Scanning*. Vol. 36, No. 1 (2014): pp. 170–183.
- Pawlus P. „Digitisation of surface topography measurement results”. *Measurement*. Vol. 40, No. 6 (2007): pp. 672–686.
- Pawlus P., Graboń W., Reizer R. „Variation of areal parameters on machined surfaces”. *11th International Symposium on Measurement and Quality Control*. Kraków-Kielce, 2013.
- Thomas T.R. *Rough Surfaces. Second Edition*. London: Imperial College Press, 1999.
- Whitehouse D.J. *Surfaces and Their Measurement*. London: Hermes Penton, 2001.