

Wyodrębnianie wgłębień na powierzchniach cylindrycznych

Extraction of valleys on the cylindrical surfaces

PRZEMYSŁAW PODULKA
PAWEŁ PAWLUS
PAWEŁ DOBRZAŃSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.498

W pracy przedstawiono metodę wyodrębniania szerokich wgłębień struktury geometrycznej. Wgłębienia zostały następnie wypełnione gładkim kształtem. Analizowano powierzchnie cylindrów silników spalinowych po gładzeniu płasko-wierzchołkowym zawierających dodatkowo wygniatane kieszenie smarowe. Badano parametry z normy ISO-25178.

SŁOWA KLUCZOWE: struktura geometryczna powierzchni, powierzchnie cylindra, szerokie rysy, kieszenie smarowe

In this paper the method of extraction of wide valleys in surface topography measurement was presented. Deep valleys were then filled by a smooth shape. Surface topography of plateau-honed cylinder liners with burnished oil pockets was taken into consideration. Parameters from ISO-25178 standard were analysed.

KEYWORDS: surface topography, cylinder liners, wide valleys, oil pockets

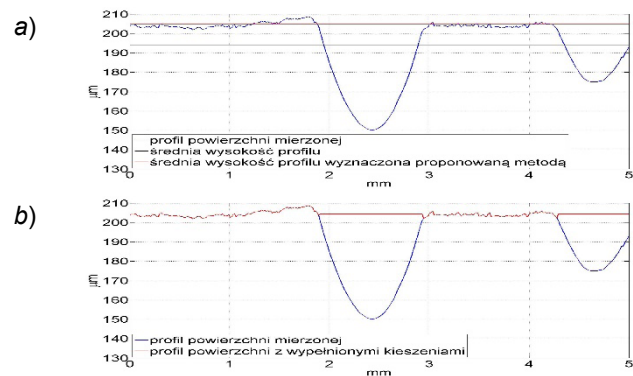
W wyniku przeprowadzenia analizy struktury geometrycznej powierzchni (SGP) można otrzymać szczegółowe informacje na temat powierzchni wzajemnie ze sobą współpracujących. Właściwości powierzchni analizuje się zazwyczaj po usunięciu zarysu kształtu [1]. Zaleca się także dobór powierzchni odniesienia w zależności od rodzaju analizowanej powierzchni [2]. Problemy wynikające z nieprawidłowo dobranej powierzchni odniesienia są szczególnie istotne w analizie powierzchni o warstwowych właściwościach funkcjonalnych [3]. Przykładem takich powierzchni są powierzchnie cylindrów w silnikach spalinowych. Do usuwania zarysu kształtu stosowano wielomiany [3], filtry odporne [4], procedury filtracji tylko części nośnej powierzchni [5], czy też inne algorytmy [6]. Istotnym problemem jest dobór powierzchni odniesienia cylindrów zawierających szerokie wgłębienia oraz doliny. Zastosowanie filtra cyfrowego może powodować zniekształcenia badanej powierzchni oraz nieprawidłowe określenie jej właściwości.

Procedura wyodrębnienia szerokich wgłębień

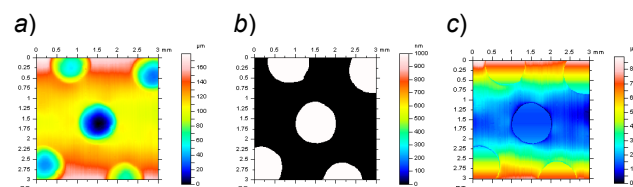
W pierwszym kroku wykrywa się kieszenie smarowe. Dla każdego profilu osiowego wyznaczana jest jego średnia wysokość, następnie liczone jest odchylenie standardowe. Wartość średniej wysokości profilu zawierającego szerokie wgłębienia może zostać zaniżona, co jest spowodowane występowaniem kieszeni smarowych. Aby zminimalizować wpływ wgłębień na wartość średniej wysokości profilu, zaproponowano obliczanie tej wartości dla 50% punktów leżących najwyżej (o najwyższej wartości rzędnej wysokości) – rys. 1. Odchylenie standardowe obliczono dla co najmniej 9 pkt, leżących obok siebie (punktów sąsiednich) względem wyznaczonej średniej wysokości profilu. Za-

ważono, że wartość odchylenia standardowego części powierzchni nośnej była mniejsza niż części powierzchni klasyfikowane następnie jako kieszenie smarowe. Jeżeli odchylenie standardowe badanego punktu było dwukrotnie większe od średniego odchylenia średniego, to punkt ten klasyfikowano jako punkt należący do wgłębienia.

W kolejnym kroku procedury za wartości wysokości punktów sklasyfikowanych jako punkty wgłębień wprowadzono wartość średniej wysokości profilu (średnia liczona z wyłączeniem punktów zaliczonych do wgłębień) – rys. 2.



Rys. 1. Profil powierzchni z obliczonymi średnimi wysokościami (a) oraz profil po cyfrowym wypełnieniu wgłębień (b)



Rys. 2. Powierzchnia cylindra mierzona (a), punkty sklasyfikowane jako wgłębienia – kolor biały (b) oraz powierzchnia z cyfrowo wypełnionymi wgłębieniami (c)

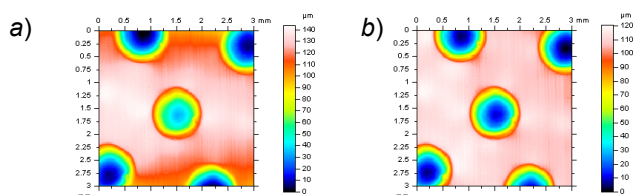
Wyniki badań i ich analiza

Zarys kształtu eliminowano za pomocą trzech sposobów: procedury dopasowania cylindra za pomocą metody najmniejszych kwadratów, aproksymacji wielomianowej oraz filtra odpornego regresji Gaussa. Z analizy map konturowych powierzchni (rys. 3) można przypuszczać, że zastosowanie opracowanej procedury cyfrowego wypełnienia wgłębień pozwoliło na poprawę dopasowania cylindra w eliminacji zarysu kształtu. Wartość parametru Sk zmalała dwukrotnie; parametr Sp zmalał 27%, natomiast Svk wzrósł (tablica). Zastosowanie wielomianu stopnia 2-go metody ogólnej spowodowało zmniejszenie wartości parametru Sk względem usuwania zarysu kształtu metodą dopasowania cylindra; jednak parametr Spk wzrósł, natomiast Svk zmalał.

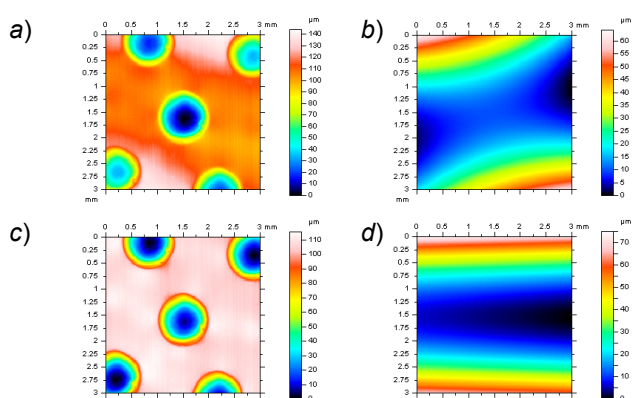
Zastosowanie nowej metody z wypełnieniem kieszeni smarowych dla wielomianu stopnia 2-go pozwoliło na zmniejszenie parametru Sk ponad dwukrotnie względem

* Prof. dr hab. Paweł Pawlus (ppawlus@prz.edu.pl), mgr Przemysław Podulka, dr Paweł Dobrzański – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

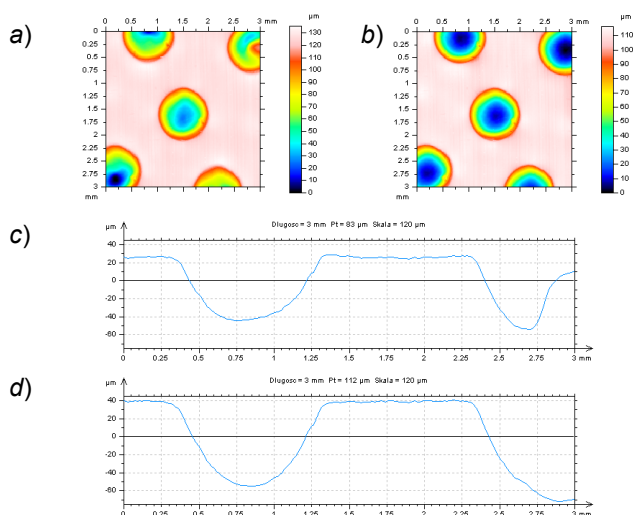
ogólnej metody z usunięciem zarysu kształtu wielomianem 2-go stopnia; parametr Sp_k zmalał i jego wartość była zbliżona do wartości po zastosowaniu dopasowania cylindra do powierzchni z wypełnionymi kieszeniami smarowymi; podobny rezultat otrzymano dla parametru Svk , lecz jego wartość wzrosła.



Rys. 3. Mapy konturowe powierzchni po usunięciu zarysu kształtu cylindrem: metoda ogólna (a) oraz zaproponowana procedura (b)



Rys. 4. Mapy konturowe powierzchni po usunięciu zarysu kształtu wielomianem stopnia 2-go: metoda ogólna (a) oraz zaproponowana procedura (c); odpowiednio ich powierzchnie odniesienia (b, d)



Rys. 5. Mapy konturowe powierzchni (a, b) po usunięciu zarysu kształtu filtrem odpornym: metoda ogólna (a) oraz zaproponowana procedura (b); oraz odpowiednio – ich wyodrębnione profile (c, d)

Zastosowanie proponowanej procedury przy usuwaniu zarysu kształtu wielomianem 2-go stopnia spowodowało dwukrotne zmniejszenie wartości parametru Sp względem metody ogólnej (tablica). Także z analizy map konturowych powierzchni można wywnioskować, że proponowana metoda pozwoliła na poprawę doboru powierzchni odniesienia – rys. 4.

Opracowaną procedurę zastosowano także do filtru odpornego regresji Gaussa. Filtr ten może powodować zniekształcenia kieszeni smarowych, jeżeli znajdują się one na brzegach lub rogach powierzchni – rys. 5a. Wypełnienia wgłębień pozwoliło na zminimalizowanie zniekształceń kie-

TABLICA. Parametry stereometrii powierzchni po usunięciu zarysu kształtu za pomocą różnych metod

	Powierzchnia mierzona	Powierzchnia po usunięciu zarysu kształtu za pomocą:					
		cylindra		wielomianu 2-go stopnia		filtru odpornego	
		metoda ogólna	nowa metoda	metoda ogólna	nowa metoda	metoda ogólna	nowa metoda
$Sq, \mu\text{m}$	32,4	36,4	32,3	29,7	32,2	29,1	32,1
Ssk	-0,84	-1,37	-1,48	-1,28	-1,49	-1,68	-1,5
Sku	3,86	3,67	3,7	3,87	3,72	4,62	3,74
$Sp, \mu\text{m}$	73,6	37,4	27,9	47,9	25,8	23,3	23,7
$Sv, \mu\text{m}$	106	106	92,6	96,2	89,6	112	92,6
$Sz, \mu\text{m}$	180	144	120	144	115	136	116
$Sa, \mu\text{m}$	23,1	28,6	25,8	22,6	25,8	22,8	25,8
$Smr, \%$	0,04	0,18	0,12	0,04	0,38	0,17	0,16
$Smc, \mu\text{m}$	35,3	7,33	5,18	20,1	4,5	5,59	3,81
$Sxp, \mu\text{m}$	84,7	109	96,7	85,7	97,9	93,4	98,8
Sal, mm	0,39	0,43	0,38	0,35	0,38	0,40	0,38
Str	0,65	0,65	0,72	0,62	0,72	0,76	0,76
$Std, ^\circ$	90	90	90	90	90	90	90
Sdq	0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
$Sdr, \%$	1,28	1,34	1,26	1,23	1,26	1,21	1,26
$Spd, 1/\text{mm}^2$	0	0,22	0,33	0	0,33	0,22	0,11
$Sk, \mu\text{m}$	44	35,6	16,5	26,1	11	4,88	5
$Spk, \mu\text{m}$	31,9	2,4	2,17	18,9	2,2	2,33	1,67
$Svk, \mu\text{m}$	68,4	95,8	102	81	103	94	98
$Sr2, \%$	79,2	71,5	70,6	74,1	68,8	67,9	64,4

szeni smarowych – rys. 5b. Parametr Sp_k zmalał o 28%, natomiast Svk wzrósł o 4%, po zastosowaniu proponowanej procedury względem metody ogólnej; maksymalna wysokość powierzchni Sz zmalała o 15% (tablica).

Wnioski

Zastosowanie opracowanej metody cyfrowego wypełnienia wgłębień poprawia dobór powierzchni odniesienia cylindrów siników spalinowych zawierających szerokie wgłębienia.

Nowa procedura powoduje zmniejszenie zniekształcenia kieszeni smarowych spowodowane usuwaniem zarysu kształtu, zarówno przy stosowaniu metody dopasowania cylindra, wielomianów, jak i filtru cyfrowego.

LITERATURA

- Leach R. (red.) „Characterisation of areal surface texture”. Berlin: Springer-Verlag 2013.
- Stout K.J., Sullivan P.J., Dong W.P., Mainsah E., Luo N., Mathia T., Zahouani H. “The development of methods for the characterisation of roughness in three dimensions”. Publication EUR 15178 EN Commission of the European Communities, 1993.
- Podulka P., Dobrzański P., Pawlus P., Lenart A. “The effect of reference plane on values of areal Surface topography parameters from cylindrical elements”. *Metrolog. Meas. Syst.* Vol. 21, Iss. 2 (2014): pp. 247–256.
- Li H., Cheung C.F., Jiang X.Q., Lee W.B., To S. “A novel robust Gaussian filtering method for the characterization of surface generation in ultra-precision machining”. *Precision Engineering*. Vol. 30 (2006): pp. 421–430.
- Pawlus P., Dobrzański P., Podulka P. „Modyfikacja filtru cyfrowego w odniesieniu do powierzchni zawierających szerokie wgłębienia”. *Mechanik*. R. 8–9 (2014), pp. 291–298.
- Dong W.P., Mainsah E., Stout K.J. “Reference planes for the assessment of surface roughness in three dimensions”. *Int. J. Mach. Tool Manu.* Vol. 35 (1995): pp. 263–271.