

## **ANALYSIS OF GEOMETRIC FEATURES OF THE SURFACE 316L STEEL AFTER DIFFERENT MACHINING TOOLS**

*Mariusz Kłonica<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Department of Production Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36 St., 20-618 Lublin, Poland, e-mail: m.klonica@pollub.pl

### **ABSTRACT**

The paper presents selected results of the surface quality. Selected surface roughness parameters 2D and 3D were analyzed. An intensive development of various surface topography measuring surface techniques allows the prediction of the functional attributes of the surface and also evaluation of its quality. The results of the evaluation of surface roughness is highly influenced by their measurement strategy. The work was completed proposals.

**KEYWORDS:** surface layer, surface roughness, 316L steel

## **ANALIZA CECH GEOMETRYCZNYCH POWIERZCHNI STALI 316L PO RÓŻNYCH SPOSOBACH OBRÓBK**

### **STRESZCZENIE**

W pracy przedstawiono wybrane wyniki badań jakości powierzchni. Analizie poddano wybrane parametry chropowatości powierzchni 2D oraz 3D. Intensywny rozwój różnych technik pomiaru topografii powierzchni pozwala na przewidywanie właściwości funkcjonalnych powierzchni oraz ocenę jej jakości. Na wyniki oceny parametrów chropowatości duży wpływ ma strategia ich pomiaru. Pracę zakończono wnioskami.

**SŁOWA KLUCZOWE:** warstwa wierzchnia, chropowatość powierzchni, stal 316L

### **1. Wprowadzenie**

Obecnie struktura geometryczna powierzchni ma duże znaczenie funkcjonalne, eksploatacyjne oraz estetyczne. W ostatnich latach intensywny rozwój różnych technik metrologii powierzchni (warstwy wierzchniej) [1-4] umożliwia przewidywanie własności funkcjonalnych oraz eksploatacyjnych powierzchni. Pomiary te oparte są na dokładnej ocenie topografii powierzchni oraz jakości tej powierzchni w wyniku jej obróbki. Na strukturę geometryczną powierzchni materiałów składają się trzy główne elementy, jest to: kształt, falistość oraz chropowatość. Chropowatość należy do cech jakości powierzchni najczęściej ocenianej poprzez wskaźniki ilościowe zwane parametrami chropowatości powierzchni 2D (metoda profilowa: stykowa bądź bezstykowa) i 3D (metoda stereometryczna). Wiele publikacji wskazuje na istotną rolę strategii pomiaru w ocenie wartości tych parametrów [5-7]. Jednym z ważniejszych elementów w pomiarach parametrów chropowatości powierzchni jest filtracja, której znaczenie w pomiarach topografii jest przedmiotem wielu unormowań [8-11] i prowadzonych badań [12-16].

Analiza wybranych cech struktury geometrycznej powierzchni, a zwłaszcza parametrów chropowatości powierzchni jest szczególnie ważna [2, 4, 12-15], przede wszystkim w aspekcie

przygotowania warstwy wierzchniej pod technologię, gdzie występuje zjawisko adhezji. W różnych rodzajach wykonywanych w przemyśle połączeń materiałów konstrukcyjnych, wykorzystuje się adhezyjne właściwości warstwy wierzchniej. Dlatego ważnym elementem wykonania połączeń adhezyjnych jest odpowiednie przygotowanie tej warstwy. Praktyczne znaczenie w inżynierii powierzchni mają badania właściwości warstwy wierzchniej.

## 2. Metodyka badań

W tabeli 1 zestawiono warianty przygotowania warstwy wierzchniej próbek wykonanych ze stali 316L. Próbki o wymiarach 100x25 mm i o grubości 1,5 mm przygotowano w czterech wariantach, a następnie wszystkie próbki odtłuszczono środkiem odtłuszczającym firmy Loctite 7061. Oczyszczanie przebiegało dwuetapowo: w pierwszym etapie próbki przemywano środkiem odtłuszczającym i przecierano papierowym ręcznikiem (czynności powtórzono dwukrotnie), w drugim etapie próbki przemyto środkiem Loctite 7061 i pozostawiono do odparowania. Obróbkę, zarówno włókniną jak i narzędziem nasypowym (P100 i P320) przeprowadzono ręcznie.

Tabela 1. Warianty przygotowania próbek

Wariant	Sposób obróbki
T1	Przed obróbką
T2	Po obróbce włókniną P80
T3	Po obróbce narzędziem nasypowym o ziarnistości P100
T4	Po obróbce narzędziem nasypowym o ziarnistości P320

W tabeli 2 przedstawiono skład chemiczny stali 316L, z której wykonano próbki do badań. Tabelę opracowano na podstawie certyfikatu materiału.

Tabela 2. Skład chemiczny stali 316L (wg certyfikatu materiału)

Stal 316L									
Pierwiastek	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N
Wartość, [%]	0,011	0,54	1,03	0,040	0,001	10,18	16,71	2,05	0,020

Natomiast w tabeli 3 przedstawiono wybrane właściwości stali 316L, opracowane na podstawie certyfikatu materiału.

Tabela 3. Wybrane właściwości stali 316L (wg certyfikatu materiału)

Stal 316L	
Wytrzymałość na rozciąganie Rm [MPa]	592
Umowna granica plastyczności Rp0,2 [MPa]	290
Twardość [HV]	148

W przeprowadzonych badaniach do pomiaru chropowatości powierzchni wykorzystano urządzenie do pomiaru konturu, chropowatości i topografii 3D T8000 RC-120-400 firmy Hommel-Etamic z końcówką pomiarową o promieniu 2  $\mu\text{m}$ . Długość odcinka elementarnego dobrano na podstawie literatury [3]. W badaniach wykorzystano również mikroskop Keyence VHX-5000 w celu obrazowania powierzchni po różnych sposobach obróbki. Pomiary parametrów chropowatości powierzchni 2D (dla wszystkich wariantów) powtórzono minimum siedem razy, a wartości średnie zestawiono w tabeli 7.

### 3. Wyniki badań

W tabeli 4 zestawiono wybrane profile chropowatości powierzchni próbek wykonanych ze stali 316L wraz z krzywą Abbotta-Firestone`a (krzywa udziału nośnego) dla wszystkich wariantów prowadzonej obróbki. Przed wykonaniem pomiarów powierzchnie próbek oczyszczono. Warto zwrócić uwagę, obserwując profile nierówności, że obróbka narzędziami nasypowymi oraz włókniną skutecznie rozwijają analizowaną powierzchnię próbek.

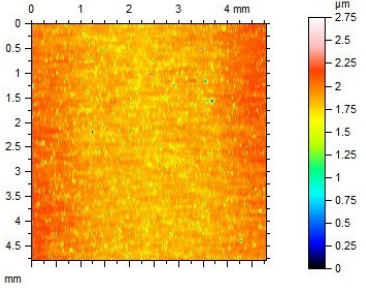
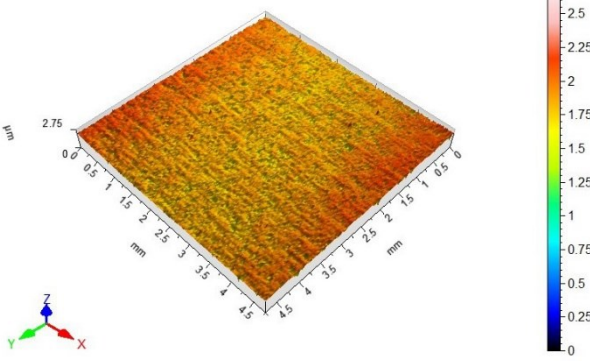
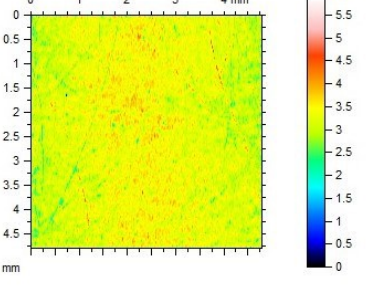
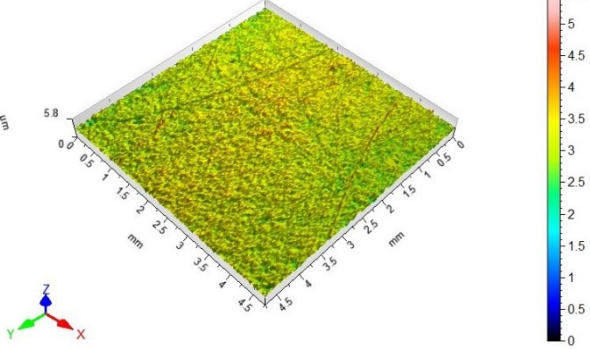
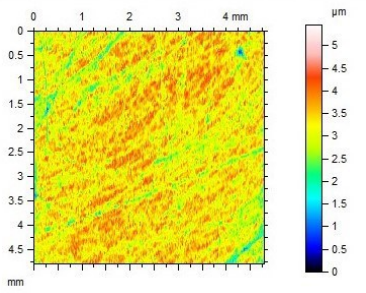
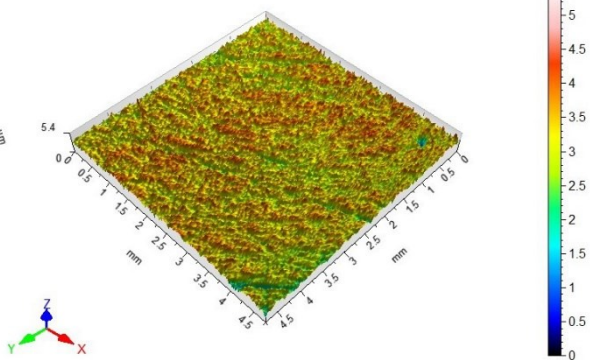
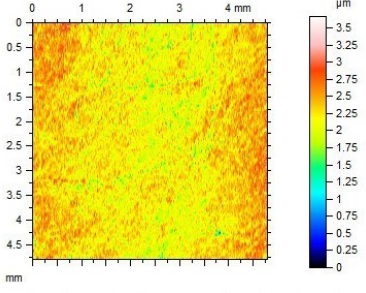
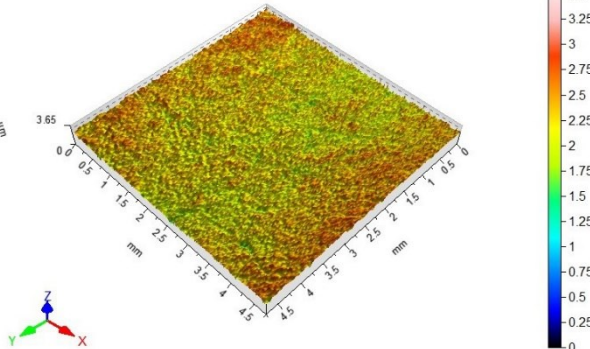
Tabela 4. Profile chropowatości powierzchni oraz krzywa Abbotta-Firestone`a

Wariant	Profil chropowatości	Krzywa Abbotta-Firestone`a
T1		
T2		
T3		
T4		

Dla próbek wykonanych ze stali 316L po obróbce narzędziami nasypowymi o ziarnistości (P100 i P320) oraz włókniną P80 zauważono charakterystyczne zagłębienia przedstawiające kinematyczno-geometryczne odwzorowanie narzędzi.

W tabeli 5 przedstawiono topografię powierzchni powstałej po różnych sposobach przygotowania próbek.

Tabela 5. Widoki izometryczne powierzchni po różnych sposobach przygotowania próbek

Wariant	2D	3D
T1		
T2		
T3		
T4		

W tabeli 5 zestawiono widoki obrazów 2D oraz izometryczne mapy 3D. Na przedstawionych mapach topografii powierzchni można zauważyć typowe dla prowadzonej obróbki ślady powstałe na powierzchniach próbek.

W tabeli 6 przedstawiono wybrane parametry chropowatości powierzchni 3D dla wszystkich analizowanych wariantów obróbki.

Tabela 6. Parametry 3D chropowatości powierzchni stali 316L

Wariant	Parametry 3D [ $\mu\text{m}$ ]					
	Sq	Sp	Sv	Sz	Sa	St
T1	0,126	0,87	1,89	2,75	0,092	2,75
T2	0,268	2,63	3,23	5,86	0,210	5,86
T3	0,441	2,18	3,28	5,45	0,344	5,45
T4	0,232	1,42	2,25	3,67	0,182	3,67

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wzrost wszystkich analizowanych parametrów chropowatości powierzchni próbek dla wariantów od T2 do T4 w stosunku do próbek wariantu T1. Największy wzrost analizowanych parametrów chropowatości powierzchni zaobserwowano dla wariantów T2 oraz T3.

W tabeli 7 przedstawiono wybrane parametry 2D chropowatości powierzchni po różnych sposobach przygotowania próbek wykonanych ze stali 316L. Jako miarę rozrzutu uzyskanych wyników podano odchylenie standardowe. Analizie poddano następujące parametry 2D chropowatości powierzchni: Rt – całkowita wysokość profilu chropowatości, Rz – maksymalna wysokość profilu chropowatości, Rp – maksymalna wysokość piku profilu chropowatości oraz Ra – średnia arytmetyczna rzędnych profilu chropowatości. Przedstawione parametry z badań są zgodne z normami [8-11].

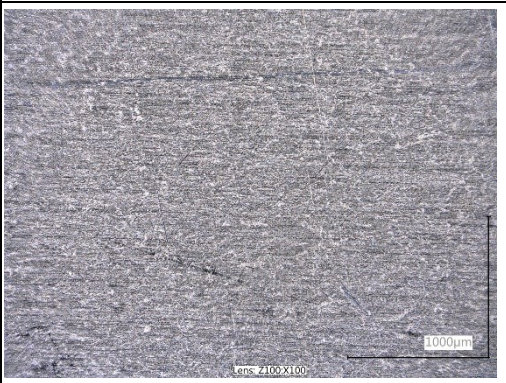
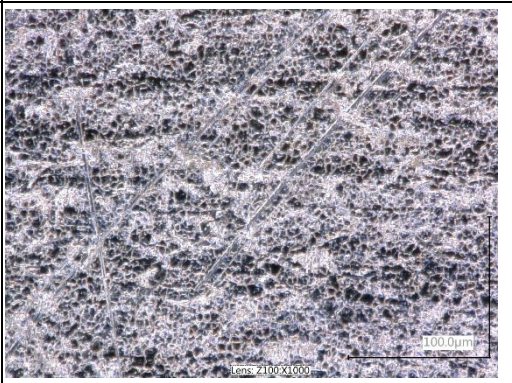
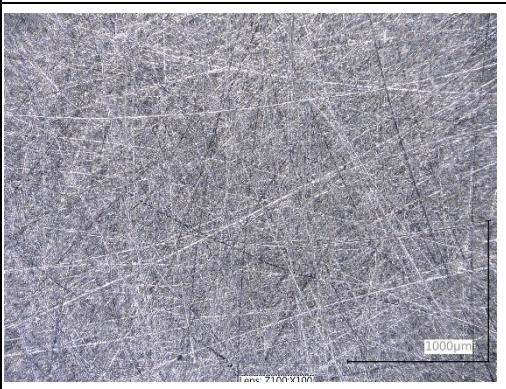
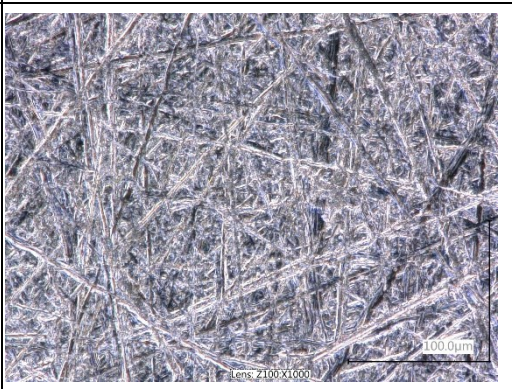
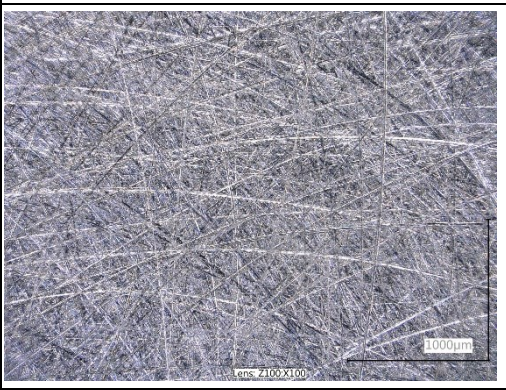
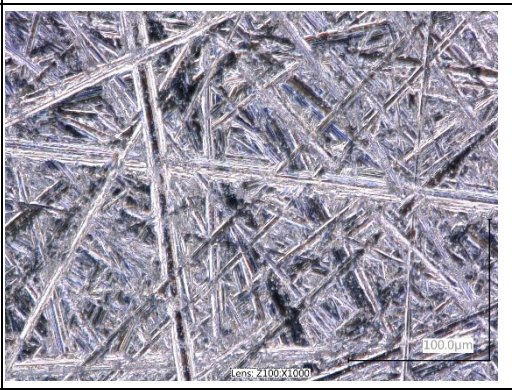

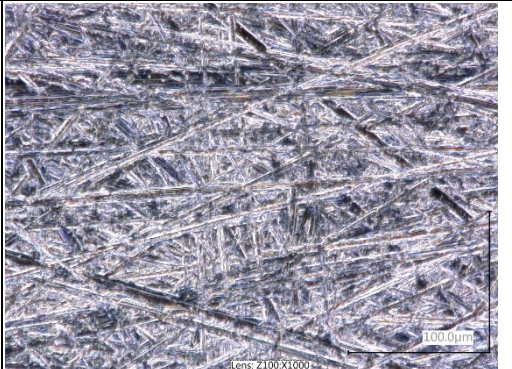
Tabela 7. Wybrane parametry chropowatości powierzchni 2D

Wariant		Rt [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Ra [ $\mu\text{m}$ ]
T1	Wartość średnia	0,760	0,475	0,107	0,054
	Odchylenie standardowe	0,021	0,002	0,004	0,003
T2	Wartość średnia	1,54	1,17	0,607	0,159
	Odchylenie standardowe	0,029	0,021	0,006	0,008
T3	Wartość średnia	1,88	1,59	0,810	0,242
	Odchylenie standardowe	0,032	0,028	0,011	0,014
T4	Wartość średnia	1,27	0,988	0,479	0,136
	Odchylenie standardowe	0,026	0,023	0,008	0,011

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wzrost parametrów chropowatości powierzchni dla wariantów od T2 do T3 w stosunku do próbek przed obróbką. Dla parametru Rz największy wzrost zaobserwowano dla wariantu T3 w stosunku do wariantu T1. Wzrost ten wynosił ponad 300%. Fotografie powierzchni próbek wykonane przy powiększeniu 100 i 1000 razy zestawiono w tabeli 8.



Tabela 8. Fotografie powierzchni próbek

Wariant	Powiększenie X100	Powiększenie X1000
T1		
T2		
T3		
T4		

Po przeprowadzonej analizie fotografii stwierdzono jednoznacznie, że przeprowadzona obróbka zarówno włókniną jak i narzędziem nasypowym (o różnej ziarnistości) skutecznie usuwa warstwę fizysoptyczną oraz rozwija powierzchnię w sensie geometrycznym.

#### 4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy wyników można sformułować następujące wnioski o charakterze ogólnym.

1. Stwierdzono, że obróbka narzędziami nasypowymi o ziarnistości P100 i P320 oraz włókniną P80 skutecznie rozwija analizowaną powierzchnię.
2. Największy wzrost analizowanych parametrów chropowatości powierzchni 3D zaobserwowano dla wariantów T2 oraz T3 w stosunku do próbek T1.
3. Dla parametru chropowatości powierzchni Rz (parametr 2D) największy wzrost zaobserwowano dla wariantu T3 w stosunku do wariantu T1, wzrost ten wynosił ponad 300%.

#### 5. Literatura

- [1] S. Adamczak, *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość*. Warszawa, WNT, 2008.
- [2] M. Blicharski, *Inżynieria powierzchni*. Warszawa, WNT, 2009.
- [3] Z. Humienny (red.), *Specyfikacje Geometrii Wyrobów (GPS) – wykład dla uczelni technicznych*. Oficyna wydawnicza PW, 2001.
- [4] B. Kamieńska-Krzowska, M. Kłonica, "Rola strategii pomiarów topografii powierzchni w ocenie wybranych parametrów chropowatości," *Mechanik*, nr 8-9, 138-145, 2014.
- [5] M. Wieczorowski, A. Cellery, J. Chajda, *Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni czyli o chropowatości i nie tylko*. Politechnika Poznańska, Poznań 2006.
- [6] M. Wieczorowski, "Podstawy teoretyczne filtracji morfologicznej w pomiarach chropowatości powierzchni," *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji*, Vol.29 nr 4, 41-49, 2009.
- [7] A. Zaborski, "Komputeryzacja pomiarów błędów kształtu i stereometrii przedmiotów walcowych," *Mechanik*, nr 11, 828-832, 2010.
- [8] PN-EN ISO 4288:1997, *Wymagania geometryczne wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni. Zasady i procedury oceny struktury geometrycznej powierzchni metodą profilową*.
- [9] PN-EN ISO 11562:1998, *Specyfikacje geometrii wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni. Metoda profilowa. Charakterystyki metrologiczne filtrów z korekcją fazy*.
- [10] PN-EN ISO 13565-1:1999, *Specyfikacje geometrii wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni. Metoda profilowa. Powierzchnie o warstwowych właściwościach funkcjonalnych. Filtrowanie i ogólne warunki pomiaru*.
- [11] PN-EN ISO 4287:1999/A1:2010P, *Specyfikacje geometrii wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa. Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni*.
- [12] M. Kłonica, J. Kuczmaszewski, M. Kwiatkowski, J. Ozonek, "Polyamide 6 surface layer following ozone treatment," *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 64, 179-187, 2016.
- [13] J. Kuczmaszewski, I. Zagórski, "Badania chropowatości po frezowaniu stopów magnezu AZ31 i AZ91HP," *Mechanik*, nr 12, 999-1004, 2012.
- [14] J. Matuszak, K. Zaleski, "Wpływ warunków obróbki szczotkowaniem na chropowatość powierzchni przedmiotów wykonanych ze stopu aluminium," *Mechanik*, nr 8-9, 509-516, 2014.
- [15] A. Skoczyła, "Analiza porównawcza procesu cięcia wiązką laserową i strumieniem wodno-ściernym," *Advances in Science and Technology*, nr 8, 121-128, 2011.
- [16] W. Zielecki, P. Pawlus, R. Perłowski, A. Dzierwa, "Surface topography effect on strength of lap adhesive joints after mechanical pretreatment," *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 13, nr 2, 175-185, 2013.