

MARCIN MIKULEWICZ<sup>1</sup>, JANUSZ SZYMKOWSKI<sup>2</sup>, TERESA MATTHEWS-BRZOZOWSKA<sup>1,3</sup>

## Struktura geometryczna i chropowatość powierzchni drutów ortodontycznych – doniesienie wstępne

### Geometrical Structure and Surface Roughness of Orthodontic Archwires – Preliminary Report

<sup>1</sup> Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodencji AM we Wrocławiu

<sup>2</sup> Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej

<sup>3</sup> Katedra Stomatologii Zachowawczej i Periodontologii AM w Poznaniu

#### Streszczenie

**Wprowadzenie** Zróżnicowanie topograficzne (chropowatości) powierzchni stosowanych stopów powierzchni drutów ortodontycznych może wpływać na wartość współczynników tarcia, a przez to na ostateczne wyniki leczenia ortodontycznego.

**Cel pracy.** Ocena topografii i chropowatości powierzchni wybranych drutów ortodontycznych.

**Materiał i metody.** Materiał stanowiły fabrycznie nowe ortodontyczne druty: 0,016 × 0,022 Neo Sentalloy (GAC) i 0,019 × 0,025 SS (stal nierdzewna) (GAC). Ocenę chropowatości i topografii przeprowadzono za pomocą profilometru kontaktowego.

**Wyniki.** Otrzymano mapy topograficzne (3D) powierzchni oraz wartości wskaźników chropowatości 3D wybranych drutów ortodontycznych.

**Wnioski.** Stwierdzono występowanie odmiennych wartości wskaźników 3D oraz map topograficznych powierzchni dla: 0,016 × 0,022 Neo Sentalloy (GAC) i 0,019 × 0,025 SS (GAC) (**Dent. Med. Probl. 2005, 42, 2, 323–326**).

**Słowa kluczowe:** pomiary profilometryczne, druty ortodontyczne, chropowatość.

#### Abstract

**Background.** Roughness of archwires surface influences friction coefficients and ultimately can affect orthodontic treatment outcomes.

**Objectives.** Topography and roughness evaluation of chosen orthodontic archwires.

**Material and Methods.** Research material were brand new orthodontic archwires: 0.016 × 0.022 Neo Sentalloy (GAC) i 0.019 × 0.025 SS (stainless steel) (GAC). Profilometric evaluation was conducted with use of contact profilometer.

**Results.** Sets of topographical maps (3D) and values of 3D roughness parameters of orthodontic archwires were accomplished.

**Conclusions.** The authors have stated differential values of 3D parameters and surface topography for archwires surfaces: 0.016 × 0.022 Neo Sentalloy (GAC) and 0.019 × 0.025 SS (GAC) (**Dent. Med. Probl. 2005, 42, 2, 323–326**).

**Key words:** profilometric measurements, orthodontic archwires, roughness.

Druty ortodontyczne obecnie stosowane są wykonywane z czterech rodzajów stopów: chromowo-kobaltowych (CoCr), niklowo-tytanowych (NiTi), β-tytanowych (βTi) oraz stali nierdzewnej (SS) [1]. W wielu pracach porusza się temat występowania różnic chropowatości powierzchni między stosowanymi stopami (zarówno łuków, jak i zamków),

a w związku z tym zróżnicowanie wielkości sił tarcia pojawiających się podczas ślizgania się jednego materiału po drugim. Przyczyną jest między innymi wpływ stanu chropowatości powierzchni materiałów na współczynnik tarcia, który w znacznym stopniu może zmniejszać moment przyłożonej siły (stąd może wynikać potrzeba przyłożenia większej siły

oraz zwiększenia zakotwienia) [2–4]. Informacji jakościowej i ilościowej dotyczącej chropowatości powierzchni drutów ortodontycznych dostarczają badania przeprowadzane z zastosowaniem spektroskopii laserowej, profilometrii stykowej i bezstykowej, informacji jakościowej zaś dostarczają głównie skaningowe mikroskopy elektronowe (SEM) oraz mikroskopy sił międzyatomowych [5–7]. Stereometria stykowa dostarcza trójwymiarowych obrazów topografii powierzchni oraz wartości wskaźników chropowatości 3D, będąc miarodajnym źródłem informacji o chropowatości ocenianej powierzchni [8–10]. W piśmiennictwie brakuje publikacji przedstawiających stan struktury geometrycznej powierzchni (SGP) drutów ortodontycznych.

Celem pracy była ocena topografii i chropowatości powierzchni wybranych drutów ortodontycznych.

## Material i metody

Materiał stanowiły wybrane druty ortodontyczne:  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy® firmy GAC (nr ref. 02-526-122) oraz  $0,019 \times 0,025$  SS (*stainless steel* – stal nierdzewna) firmy GAC (nr ref. 03-925-652). Badanie stereometryczne topografii powierzchni drutów ortodontycznych (3D) przeprowadzono za pomocą profilometru kontaktowego Form Talysurf 1201 firmy Rank Taylor Hobson Limited. Korzystano z komputera Dell Pentium III z oprogramowaniem 3D Talymap Expert, 2D Ultra rev. 6.0. Długość analizowanego obszaru wynosiła 3 mm (badano 3 odcinki drutu). Skanowanie pola osiągnięto przez przesunięcie stolika o wartość kroku wierszowania, ustalonego podczas programowania pomiaru (przeskok wynosił  $12 \mu\text{m}$ ). Zastosowano końcówkę pomiarową o średnicy  $2 \mu\text{m}$  i filtr chropowatości  $0,025 \text{ mm}$ . Z analizy komputerowej otrzy-

mano zapis w postaci metrycznych i graficznych opisów powierzchni. Oceniano wartości następujących wskaźników chropowatości 3D:  $S_a$  – średnie arytmetyczne odchylenie chropowatości powierzchni w  $\mu\text{m}$ ,  $S_q$  – średnie kwadratowe odchylenie chropowatości powierzchni w  $\mu\text{m}$ ,  $S_t$  – wysokość nierówności w  $\mu\text{m}$ ,  $S_z$  – dziesięciopunktowa wysokość nierówności powierzchni (w  $\mu\text{m}$ ): średnia wartość bezwzględnych wysokości pięciu najwyższych wierzchołków oraz pięciu najniższych wgłębień w obrębie obszaru próbkowania,  $S_{ku}$  – współczynnik skupienia,  $S_{tr}$  – wskaźnik tekstury powierzchni,  $S_{td}$  – kierunek tekstury powierzchni. Notowano około 1500 profili badanych powierzchni.

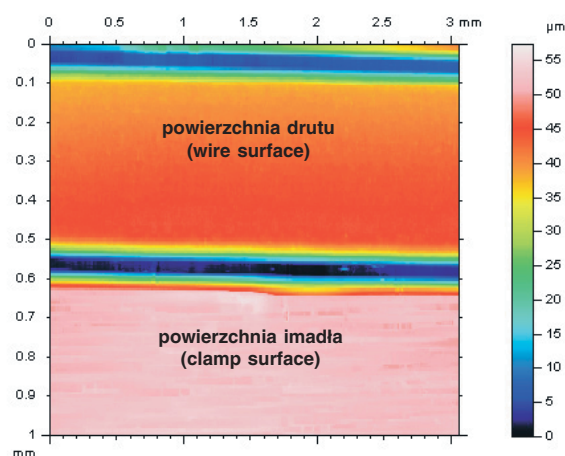
## Wyniki

W tabeli 1 zestawiono wartości wskaźników chropowatości 3D dla stopu niklowo-tytanowego i stali nierdzewnej. Notowano większe wartości wskaźników:  $S_a$ ,  $S_q$ ,  $S_z$ ,  $S_{tr}$  dla powierzchni stopu niklowo-tytanowego oraz mniejsze wartości wskaźników  $S_t$ ,  $S_{ku}$  i  $S_{td}$  dla powierzchni drutu wykonanego ze stali nierdzewnej. Ryciny 1 i 3

**Tabela 1.** Średnie wartości wskaźników 3D powierzchni drutów ortodontycznych

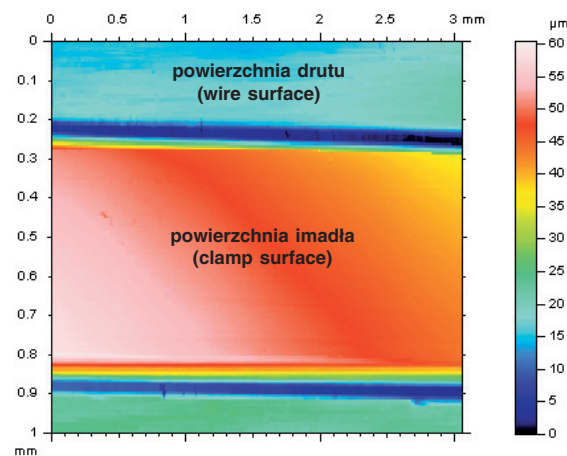
**Table 1.** Mean values of 3D parameters of orthodontic archwires surfaces

Drut (Wire)	Średnie wartości wskaźników (Mean values of parameters) $\mu\text{m}$						
	$S_a$	$S_q$	$S_t$	$S_z$	$S_{ku}$	$S_{tr}$	$S_{td}$
Stal nierdzewna (Neo Sentalloy)	0,06	0,09	1,39	1,18	4,91	0,05	34,5
Stop niklowo-tytanowy (SS)	0,02	0,04	1,76	0,83	60,4	0,01	74



**Ryc. 1.** Barwna mapa powierzchni  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC)

**Fig. 1.** Colour image of  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC) surface



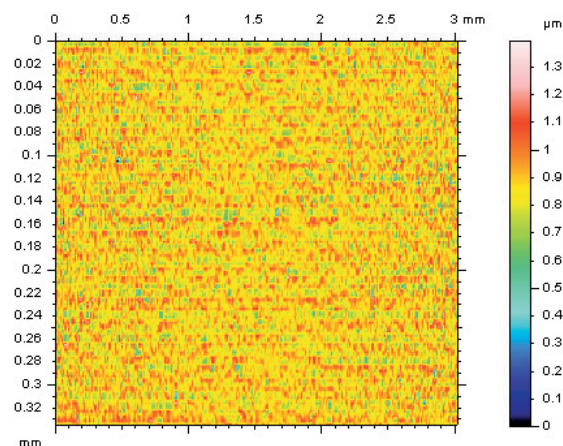
**Ryc. 2.** Barwna mapa powierzchni  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC) przed zastosowaniem filtra

**Fig. 2.** Colour image of  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC) surface

przedstawiają barwne mapy powierzchni drutu  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC). Rycina 5 ilustruje topograficzną mapę powierzchni wyżej wymienionego stopu. Barwne mapy powierzchni oraz mapę topograficzną dla drutu  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC) przedstawiono na rycinach 2, 4 i 6.

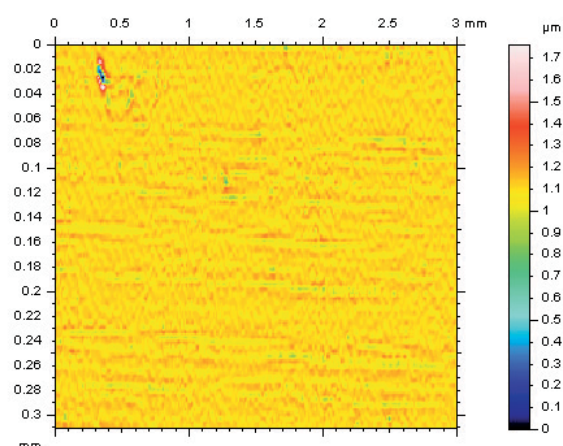
## Omówienie

Wskaźniki chropowatości 3D uzyskane w obserwacjach własnych wskazują na zróżnicowanie stanu chropowatości ocenianych powierzchni drutów ortodontycznych. Zarówno wskaźnik  $S_a$ , jak i  $S_q$  wykazały większe wartości dla powierzchni stopu niklowo-tytanowego niż dla stali, odpowie-



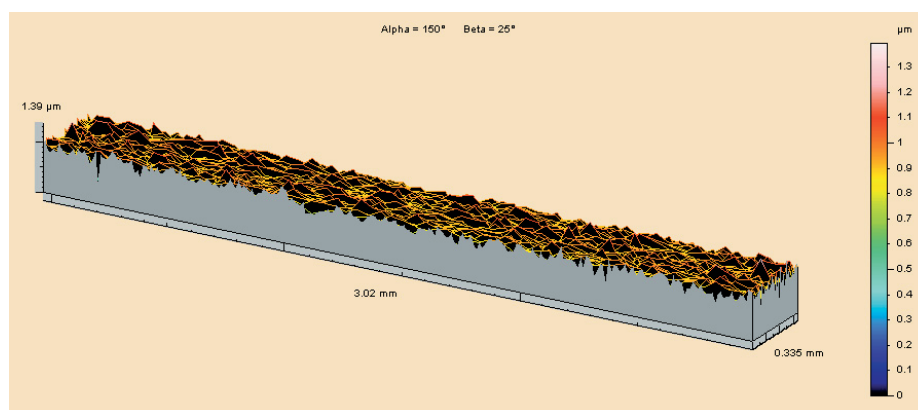
**Ryc. 3.** Barwna mapa powierzchni  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC) po obróbce komputerowej i poddaniu działania filtra

**Fig. 3.** Colour image of  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy surface (GAC) after computer processing and filtering



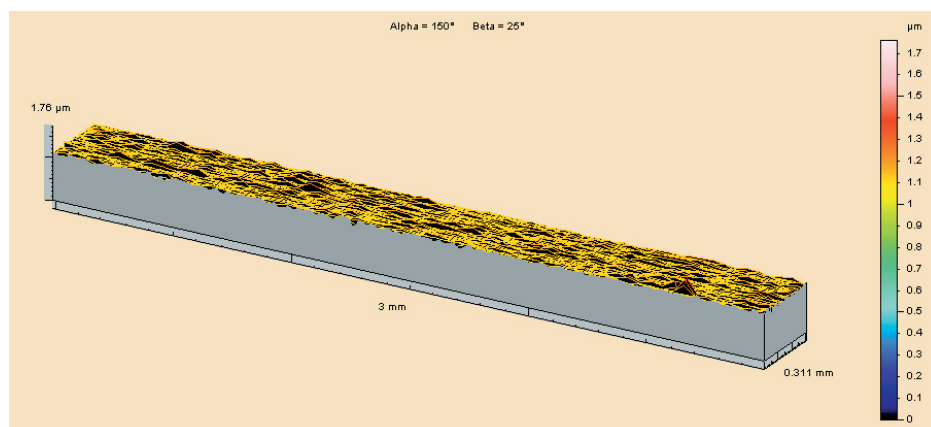
**Ryc. 4.** Barwna mapa powierzchni  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC) po obróbce komputerowej i poddaniu działania filtra

**Fig. 4.** Colour image of  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC) surface after computer processing and filtering



**Ryc. 5.** Topograficzna mapa powierzchni  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC)

**Fig. 5.** Topographical map of  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC) surface



**Ryc. 6.** Topograficzna mapa powierzchni  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC)

**Fig. 6.** Topographical map of  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC) surface

dnio: 0,06 i 0,09 do 0,02 i 0,04. Proowski et al. [4] przeprowadzili badania chropowatości powierzchni drutów niklowo-tytanowych i stalowych profilometrem kontaktowym, otrzymując porównywalne wartości opisanych wskaźników 2D. Druty wykonane ze stali nierdzewnej charakteryzowały się mniejszymi wartościami wskaźników chropowatości niż druty wykonane ze stopów niklowo-tytanowych. Ra (średnia arytmetyczna rzędnych profilu chropowatości) dla stali wyniosła  $0,3 \pm 0,2$  [4]. Ocena chropowatości powierzchni drutów ortodontycznych za pomocą spektroskopii laserowej przeprowadzona przez innych autorów dała następujące wyniki: powierzchnie drutów stali nierdzewnej ( $0,04 \mu\text{m}$ ) wykazywały mniejszą chropowatość w porównaniu z drutami niklowo-tytanowymi ( $0,21 \mu\text{m}$ ) [12]. Inni autorzy stosując ten sam sposób pomiaru chropowatości po-

wierzchni (spektroskopia laserowa), podali zbliżone wyniki;  $0,06 \mu\text{m}$  dla stali nierdzewnej i  $0,23 \mu\text{m}$  dla stopów niklowo-tytanowych [11]. Badania przeprowadzone za pomocą spektroskopii laserowej wykazały, że najmniejszą chropowatością powierzchni charakteryzowały się powierzchnie drutów stali nierdzewnej, następnie kobaltowo-chromowych, stopów  $\beta$ -tytanowych, niklowo-tytanowych [5]. W pracy własnej autorów większa wartość wskaźnika St dla stali o ponad 27% może wynikać z charakteru obróbki dla tego stopu (drut ciągniony i walcowany). Podsumowując, otrzymane mapy topograficzne 3D oraz wartości wskaźników chropowatości 3D pozwoliły w dokładny sposób ocenić badaną powierzchnię. Chropowatość powierzchni drutu  $0,016 \times 0,022$  Neo Sentalloy (GAC) była większa niż drutu  $0,019 \times 0,025$  SS (GAC).

## Piśmiennictwo

- [1] KUSY R. P.: Orthodontic biomaterials from the past to the present. *Angle Orthod.* 2002, 72, 501–512.
- [2] NANDA R.: Biomechanics in orthodontics. Eds.: W.B. Saunders Co. Philadelphia, 1997.
- [3] PROFFIT W. R.: Ortodoncja współczesna. Czelej, Lublin 2001.
- [4] PROSOSKI R. R., BAGBY M. D., ERICKSON L. C.: Static frictional force and surface roughness of nickel-titanium arch wires. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 1991, 100, 341–348.
- [5] KUSY R. P., WHITLEY J. Q., MAYHEW M. J., BUCKTHAL J. E.: Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy. *Angle Orthod.* 1988, 58, 33–45.
- [6] KUSY R. P., WHITLEY J. Q., DE ARAUJO GURGEL J.: Comparisons of surface roughnesses and sliding resistances of 6 titanium-based or TMA-type archwires. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthoped.* 2004, 126, 589–603.
- [7] MATTHEWS-BRZOZOWSKA T., CELLARY A.: Zastosowanie pomiarów bezstykowych i stykowych do analizy powierzchni szkliva – doniesienie wstępne. *Czas. Stomat.* 2002, 55, 147–152.
- [8] MATTHEWS-BRZOZOWSKA T., MIKULEWICZ M., SZYMKOWSKI J.: Microstructural and topographical evaluation of human enamel. *Elektronika* 2004, 8–9, 106–108.
- [9] OCZOŚ K. E., LIUBIMOV V.: Struktura geometryczna powierzchni. OPR, Rzeszów 2003.
- [10] WIECZOROWSKI M., CELLARY A., CHAJDA J.: Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni, czyli o chropowatości i nie tylko. Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej 2003.
- [11] KUSY R. P., WHITLEY J. Q.: Effects of surface roughness on the coefficients of friction in model orthodontic systems. *J. Biomech.* 1990, 23, 913–925.
- [12] SAUNDERS C. R., KUSY R. P.: Surface topography and frictional characteristics of ceramic brackets. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthoped.* 1994, 106, 76–87.

## Adres do korespondencji:

Marcin Mikulewicz  
Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji AM we Wrocławiu  
ul. Krakowska 26  
50-425 Wrocław  
tel.: +48 71 784 02 99  
e-mail: mmikulewicz@poczta.onet.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 9.02.2005 r.  
Po recenzji: 4.04.2005 r.  
Zaakceptowano do druku: 9.05.2005 r.

Received: 9.02.2005  
Revised: 9.04.2005  
Accepted: 9.05.2005