

- [1]. Marciniak J.: Biomateriały w chirurgii kostnej, Wyd. Pol. Śl., 1992 Tytan i jego stopy, str.222.
- [2]. Zarzycki D., Ciupik L., Krasicka-Cydzik E., Mstowski J.: XI Symp. Spond-ortop.i Traum., 1997.
- [3]. Luckey H., Kubli F.: Titanium Alloys in Surgical Implants, ASTM 796, 1981.
- [4]. Yibas B.S i inni : Corosion Science, Vol. 37, No. 10. (1995), 1627-1636.
- [5]. .Lai F.D. :Surface and Coating Technology, 58 ( 1993 ), 79-81.
- [6]. Mitura E i inni: Diamond and Related Materials 5 (1996) 998-1001.
- [7]. Chang i inni : Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 8 (1997), 193-200.
- [8]. Johansson C.B. i inni: J. of Materials Science: Materials in Medicine 4, (1993 ), 132-142.
- [9]. Wilson A i inni : Surface and Coating Technology, 63 , (1994), 1-13.
- [10]. Won Gyu Lee i inni : Thin Solid Films, 237 (1994), 105-111.
- [11]. Milosev I., B. Navinsek : Surface and Coating Technology, 63 (1994), 173-180.
- [12]. David D.: J. Less-Common Mater. 69, (1981), 81
- [13]. Delplancke J.L., Degrez M., Fontana A., Winand R.: Surface Technology, 16, 2, (1982), 153-162 .
- [14].Awieranow E.E.: Sprawozdanie po anodorowaniu, Maszynoście, Moskwa, s.83, 1988.

- [15]. Kocich J., G.Janak, J.Sevcikova, P.Guba: Koroze a Ochrana Materialu, 33, (1989), 3, s.43.
- [16]. Dowgird A., Kwiatkowski L., Radzikowski M. : Inżynieria Powierzchni, 1, (1996), 42.
- [17]. Lausma J. i inni: Applied Surface Science 45 (1990) 189-200.
- [18]. Patent USA No 5211 833, 1993.
- [19]. Hoar T.: Corrosion Science, 7, (1967), 341-355.
- [20]. Heusler K.E.: Corrosion Science, 29, (1989), 131..
- [21]. Singh V.B., Hosseini S.M.: Corrosion Science, Vol. 34, No 10, (1993), 1723-32.
- [22]. Mazhar A.A. i inni: Corrosion NACE, Vol. 44, No 10, 1988.
- [23]. Dyer C., Leach J., J.Electrochem. Soc., 125, (1978), 1032.
- [24]. Ohtsuka T., Masuda M., Sato N., J.Electrochem Soc.,132, (1985), 787.
- [25]. Shibata T., Zhu Yao-Can, Corrosion Science, Vol. 36, No 1 (1994), 153-163.
- [26]. Kim H.M. i inni: Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol. 105, No 2, (1997),. 111-116.
- [27]. Johansen H.A., Adams G.B., P. Van Rysselberghe: J. Electrochem. Soc., Vol.104, (1957), 339.
- [28]. Krasicka-Cydzik E.: Mat. Symp. Sekcji Podstaw Techn. Maszyn KBM PAN, No 58, Pol. Ziel., 1998.
- [29]. Krasicka-Cydzik E.: the 10th International Scientific Conference, Žilina, Slovak Republic, 1998.

## BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE I MIKROSKOPOWE MINIPLYTEK STOSOWANYCH W LECZENIU ZŁAMAŃ KOŚCI ŻUCHWY

MILEWSKI G., DZIADUR W.  
POLITECHNIKA KRAKOWSKA

### Streszczenie

Zastosowanie mikro lub miniplatek w leczeniu kości twarzo-czaszki uważa się obecnie za jedną z najskuteczniejszych metod chirurgii szczękowej. W pracy przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych i strukturalnych miniplatek z systemu Martina wykonanych ze stopu Cr-Ni-Mo stosowanych w osteosyn-tezie złamań trzonu żuchwy.

Badania wytrzymałościowe wykonano dla przypadku symulującego normalne obciążenie zgryzowe żuchwy. Badania strukturalne, stan powierzchni oraz warstwy pasywacyjnej miniplatek wykonano metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM).

Badaniom poddano miniplateki dziewicze oraz usunięte po okresie 6 - 15 miesięcy w wyniku różnych komplikacji pooperacyjnych (obnażenie wszczepu,

## STRENGTH AND MICROSCOPIC EXAMINATION OF MINIPLATES APPLIED IN TREATMENT OF MANDIBULAR FRACTURES

MILEWSKI G., DZIADUR W.  
CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

### Abstract

Application of micro or miniplates in treatment of craniofacial bones is considered at present as one of the most efficient methods of facial surgery. The paper presents the results of strength and structural investigations of miniplates from the Martin system made of Cr-Ni-Mo alloy applied in osteosynthesis of mandibular body fractures.

Strength examination was done for the case simulating a normal occlusal loading of mandible. Structure investigation, surface state and passivation layer were studied by means of scanning electron microscopy (SEM).

Virgin miniplates as well as ones removed after 6 - 15 months due to various postoperative complications (implant baring, inflammation, osteolysis) were

stan zapalny, osteoliza).

Badania wytrzymałościowe nie wykazały obniżenia wytrzymałości miniplatek w wyniku stanów zapalnych twardych tkanek żuchwy. Zaobserwowano natomiast częściowe osłabienie warstwy pasywacyjnej implantów.

**Słowa kluczowe:** badania wytrzymałościowe, badania strukturalne, miniplateki, osteosynteza żuchwy

## Wprowadzenie

Zastosowanie mikro lub miniplatek w leczeniu kości twarzo-czaszki uważa się obecnie za jedną z najskuteczniejszych metod chirurgii szczękowej [1, 3, 5]. Osteosynteza przy pomocy miniplatek zalecana jest we wszystkich przypadkach złamań kości żuchwy [4]. W pracy przedstawiono najczęściej występujący przypadek złamania trzonu żuchwy. Złamanie to jest najczęstszym przypadkiem poważnych urazów głowy występujących w wyniku wypadków komunikacyjnych, sportowych, w pracy lub pobic [2, 4, 6, 7, 8]. Obszary aplikacji miniplatek w typowych złamaniach podkłykciowych, trzonu żuchwy oraz bródki przedstawiono schematycznie na RYS. 1 [5].

Materiał kliniczny do badań otrzymano z Katedry i Kliniki Chirurgii Twarzowo-Szczękowej Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. W zastosowanym leczeniu chirurgicznym wykorzystano miniplateki z systemu Martina wykonane ze stopu Cr-Ni-Mo. W niektórych przypadkach zaobserwowano niepowodzenia pooperacyjne. Scharakteryzowano je jako obnażenie wstępcu, pojawienie się trwałych stanów zapalnych wokół wstępcu czy cechy osteolizy wokół śrub mocujących. W opisie przypadków podawano również wyraźne cechy korozji miniplateki oraz śrub.

Celem pracy było wykonanie badań wytrzymałościowych oraz strukturalnych reimplantowanych miniplatek oraz stwierdzenie czy i ewentualnie w jakim stopniu występujące niepowodzenia pooperacyjne wpływają na obniżenie własności wytrzymałościowych zastosowanych miniplatek. Badania miały również wykazać na ile cechy stanów zapalnych oraz zmienne parametry elektrolityczne na powierzchni obnażonych wstępców mogą mieć wpływ na strukturę powierzchni zastosowanych implantów.

## Materiał i metodyka

Dostarczony materiał kliniczny obejmował 11 przypadków miniplatek reimplantowanych w okresie 6 do 15 miesięcy po operacji w wyniku różnych komplikacji pozabiegowych. Opis kliniczny badanych miniplatek zestawiono w TAB. 1. Wyniki badań odnoszono do tzw. próbek "dziewicznych" ujętych w tabeli jako nr 0.

examined.

Strength examination did not indicate decrease strength of the miniplates due to the inflammatory states of hard tissues of mandible. However, partial loss of passivation layer of implants was observed.

**Key words:** strength examination, structural investigation, miniplates, mandibular osteosynthesis

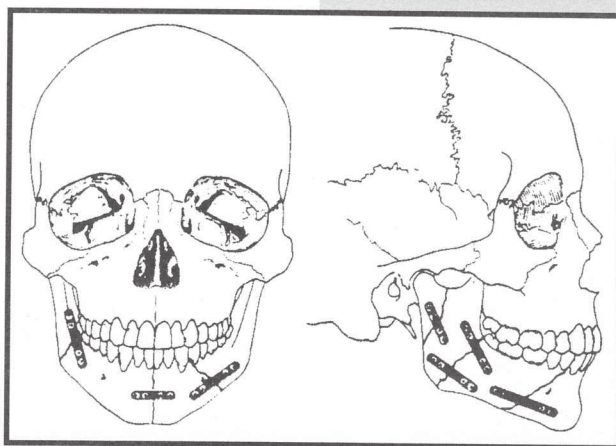
## Introduction

Application of micro or miniplates in treatment of craniofacial bones is considered at present as one of the most efficient methods of facial surgery [1, 3, 5]. Osteosynthesis by means of miniplates is recommended in all cases of mandibular fractures [4]. The paper presents the most often case of mandibular body fracture. This way of fracture becomes the most frequent case of serious head traumas due to traffic accidents, accidents at work and sport as well due to violence [2, 4, 6, 7, 8]. The areas of miniplates application for typical subcondylar, body and angle fractures of mandible are presented in FIG. 1 [5].

Clinical material for the tests was obtained from the Clinic of Oral and Maxillofacial Surgery, Collegium Medicum, Jagiellonian University. Miniplates from the Martin system made of Cr-Ni-Mo alloy were applied in surgical treatment. In some cases postoperative complications were observed. They were characterized as: implant baring, persistent inflammation around implant, features of osteolysis around fixation screws. In clinical description visible features of miniplates and screws corrosion were described, too.

The aim of the paper was to carry out strength and structural examination of the reimplanted miniplates as well as to state if and how postoperative complications influence the decrease of strength of the applied miniplates. The tests were also

expected to show how the features of inflammatory states of mandibular hard tissues and variable electrolytic parameters on the surface of bared implants can influence their structure.



RYS. 1. Obszary aplikacji miniplatek w złamaniach żuchwy [5].

FIG. 1. Areas of application of miniplates in mandibular fractures [5].

## Material and methods

The delivered clinical material consisted of 11 cases of miniplates removed after 6 to 15 months after the operation because of various postoperative complications. Clinical description of the examined miniplates is presented in TABLE 1. The results of experiments were always discussed with reference to the results obtained for so called "virgin" samples, described in TABLE 1 as No. 0.

Badania wytrzymałościowe wykonano na maszynie wytrzymałościowej firmy INSTRON TT 10 DM z wykorzystaniem systemu HOTTINGER DMClab do rejestracji i akwizycji danych. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono dla przypadku symulującego zgryz prawidłowy. W przypadku takim miniplate pracuje w złożonym stanie zginania ze skręcaniem. Dla celów badań wytrzymałościowych wykonano specjalny miniuchwyt mocujący, współpracujący ze szczękami maszyny wytrzymałościowej, którego konstrukcja i wymiary jarzm oddawały cechy anatomiczne pracy żuchwy i miniplateki zespalającej w zgryzie prawidłowym.

Strength tests were done by means of INSTRON TT 10 DM device with the use of HOTTINGER DMClab system to register and plot the experimental data. Strength examination were done for the case simulating normal occlusion. In such a case the miniplate works in a combined state of bending and torsion. For the purpose of the tests a special grip, fitting the original machine jaws, was constructed. Its construction and dimensions corresponded to the anatomic features of mandible and miniplate working at normal occlusion.

Nr próbki Number	Opis Description
0	Próbka „dziewicza” „Virgin sample”
1	Obnażenie wszczepu, czas pozostawania w organizmie – 6 miesięcy Bared implant, time in human body – 6 months
2	Bez obnażenia, czas – 15 miesięcy, w tym kilka miesięcy stany zapalne No baring, time – 15 months, few month inflammation
3	Bez obnażenia, czas – 12 miesięcy. Trwałe stany zapalne (korozja miniplateki + śrubki) No baring, time – 12 months. Persistent inflammatory states (miniplate and screw corrosion)
4	Bez obnażenia, czas – 12 miesięcy. Cechy osteolizy wokół śrub (RTG) No baring, time – 12 months. Features of osteolysis around screws (X-ray)
5	Bez obnażenia, czas – 12 mies. stan zapalny – 3 mies. Cechy osteolizy wokół śrub (RTG) No baring, time – 12 months. Inflammation – 3 months. Features of osteolysis (X-ray)
6	Bez obnażenia, czas – ok. 6 miesięcy. Cechy stanów zapalnych No baring, time – approx. 6 months. Features of inflammatory states
7	Bez obnażenia, czas – ok. 6 miesięcy. Cechy stanów zapalnych No baring, time – approx. 6 months. Features of inflammatory states
8	Obnażenie wszczepu – 2 miesiące. Czas – 12 miesięcy (korozja miniplateki) Baring implant – 2 months. Time – 12 months (miniplate corrosion)
9	Obnażenie wszczepu – 2 miesiące. Czas – 10 miesięcy Baring implant – 2 months. Time – 10 months
10	Bez obnażenia, czas – 6 miesięcy. Stan zapalny – ostatni miesiąc (lekka korozja miniplateki) No baring, time – 6 months. Inflammation – the last month (slight miniplate corrosion)
11	Bez obnażenia, czas – 6 miesięcy. Cechy stanu zapalnego wokół wszczepu No baring, time – 6 months. Features of osteolysis around screws

TABELA. 1. Opis kliniczny badanych miniplatek.

TABLE 1. Clinical description of the examined miniplates

RYS. 2. Schemat uchwyty do badań wytrzymałościowych miniplatek;

- 1 - próbka,
- 2, 3, 4 - jarzma,
- 5 - element przenoszący obciążenie,
- 6 - kołki centrujące.

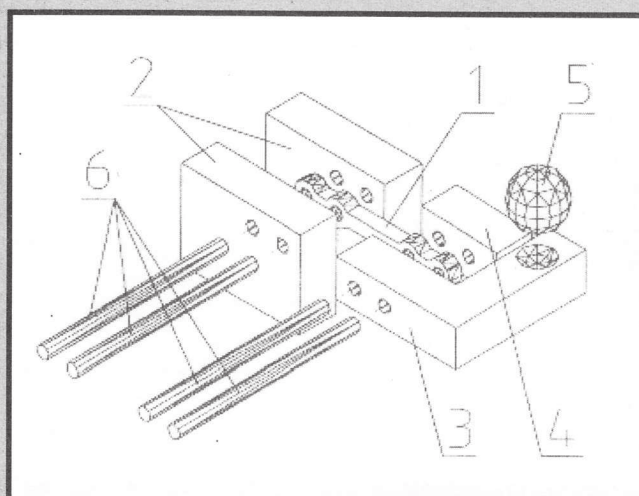


FIG. 2. Scheme of grip for strength tests of miniplates;

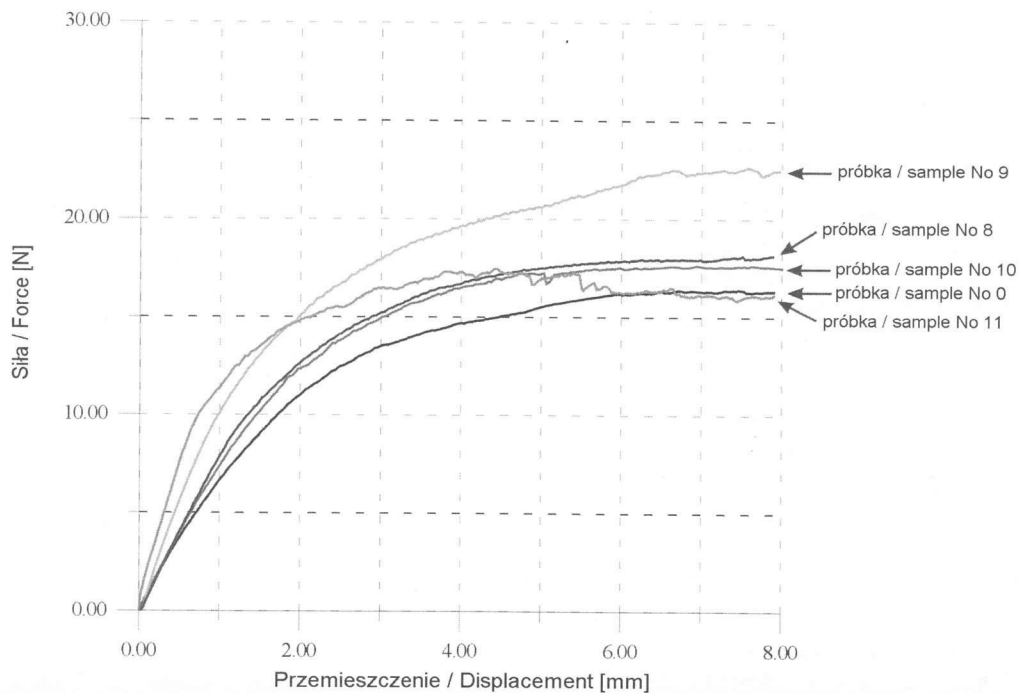
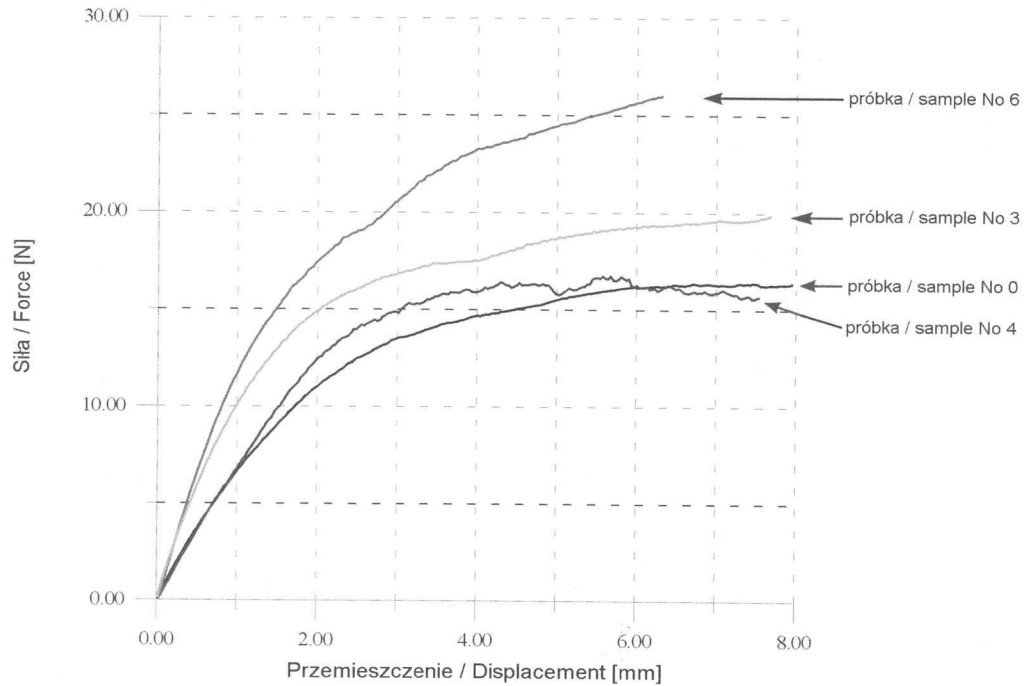
- 1 - sample,
- 2, 3, 4 - yokes,
- 5 - element transferring the load,
- 6 - alignment pins.

Badania strukturalne miniplatek wykonano metodą skaningowej mikroskopii elektronowej wykorzystując aparat firmy TESLA, model BS 300. Wykonano badania powierzchni oraz przełomów miniplatek. Zgłady metalograficzne wykonano metodą standardowej obróbki ścierniej i polerowania. Przed obróbką wszystkie próbki zostały pokryte elektrolitycznie warstwą niklu w celu zapobieżenia niepożądanemu zaokrągleniu powierzchni w czasie obróbki. Wybrane próbki były również dodatkowo wytrawiane 10% roztworem  $\text{HNO}_3$  w celu obserwacji struktury austenicznej materiału.

W obu przypadkach badań wytrzymałościowych oraz mikroskopowych wyniki badań odnoszono do wyników badań tzw. próbek dziewiczych.

Structural investigations of miniplates were done by means of scanning electron microscopy ( SEM ) with the use of TESLA apparatus, model BS 300. Surface layer and fracture cross-sections of miniplates were examined. Metallographic cross-sections were prepared by means of standard grinding and polishing techniques. Prior to this the samples were electrolytically covered with a layer of nickel. Selected samples were additionally etched with a 10% solution of  $\text{HNO}_3$  in order to reveal the austenitic structure of the material.

The results of tests were discussed with reference to the so - called virgin samples.



RYS. 3. Charakterystyki wytrzymałościowe miniplatek do zespołów złamań żuchwy.

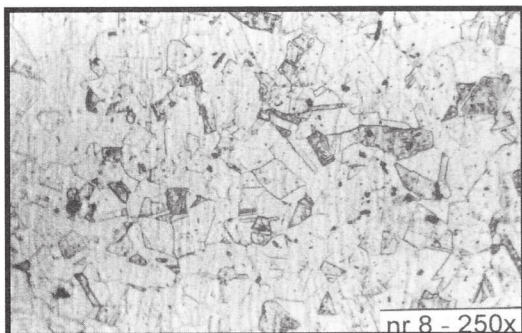
FIG. 3. Strength characteristics of miniplates for osteosynthesis of mandible fractures.

Wyniki badań wytrzymałościowych zestawiono zbiorczo na RYS. 3. Przyjęta metoda badań nie wykazała obniżenia własności wytrzymałościowych miniplatek w wyniku obnażenia wszczepu czy pojawienia się stanu zapalnego. Wyniki mieszczą się w zakresie błędów pomiarowych. Czas utrzymania implantu (maksymalnie do ok. 1.5 roku) jak również procesy towarzyszące obnażeniu wszczepu, tzn. osteoliza i zmiany parametrów elektrolitycznych powierzchni w wyniku kontaktu z płynami ustrojowymi i pozaustrojowymi nie powodują obniżenia własności wytrzymałościowych miniplatek. Należy jednak zaznaczyć, że liczba próbek do badań była stosunkowo niewielka, co jest uwarunkowane ograniczoną dostępnością tego typu materiału klinicznego. Celem weryfikacji rezultatów badań wskazane byłoby przeprowadzenie większej liczby prób.

Wyniki badań mikroskopowych przedstawiają przykładowo fotografie na RYS. 4, 5, 6 i 7. Analiza wszystkich obrazów mikroskopowych pokazała, że wszystkie badane próbki, niezależnie od ich pochodzenia, nie są zróżnicowane pod względem stanu powierzchni. Badania strukturalne nie wykazały żadnych zmian korozyjnych mogących powstać na granicach faz w wyniku kontaktu z płynami ustrojowymi i pozaustrojowymi. Utrzymana jest prawidłowa struktura austenityczna (RYS. 4), zarówno w próbkach dziewiczych jak i reimplantowanych. Na powierzchni widać wyraźne ślady mechanicznego dogniatania próbki, co jest założonym zabiegiem procesu technologicznego (RYS.5). Zaobserwowano natomiast częściowe osłabienie warstwy pasywacyjnej powierzchni reimplantowanych próbek. RYS. 6 i 7 przedstawiają wyraźne ślady wykruszania się węgli-

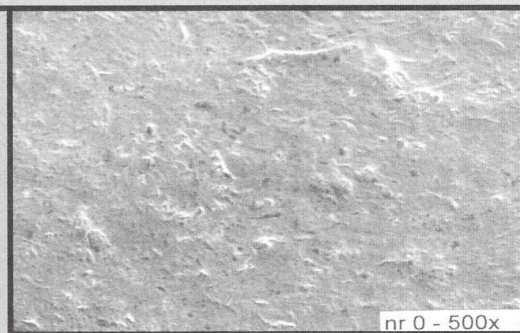
The results of strength tests, shown in FIG. 3, did not indicate a decrease of miniplates strength due to the implant baring or inflammatory states of hard tissues of the mandible. The fluctuations are in the range of measuring error. Time of implant work (maximum up to approx. 1.5 year) as well as the processes accompanying implant baring, i.e. osteolysis and change of the electrolytic parameters on implant surface due to the contact with body and extracorporeal fluids do not decrease the strength of miniplates. However, it is worth-mentioning that the number of examined samples was relatively small, because of the limited access to such clinical material. In order to verify the obtained results it is suggested to conduct the tests on a greater number of samples.

Examples of microscopic images are presented in FIGS. 4, 5, 6, 7. The analysis has shown that regardless of the sample type, miniplates do not differ in the surface layer state. Structural investigations do not indicate any corrosive changes which could appear at interfaces due to the contact with body and extracorporeal fluids. Proper austenitic structure is preserved (FIG.4) both in the virgin and reimplanted miniplates. Die marks of plastic burnishing are visible on the surface of miniplates which is a feature of technological processing (FIG.5). On the other hand partial loss of the passivation layer of reimplanted samples was observed. FIGS. 6 and 7 show visible signs of carbide crumbling from the steel matrix. It could result from bared implants in a medium of body fluids and frequent change of electrolytic parameters on implant surface due to the contact with extracorporeal fluids. However, carbide crumbling



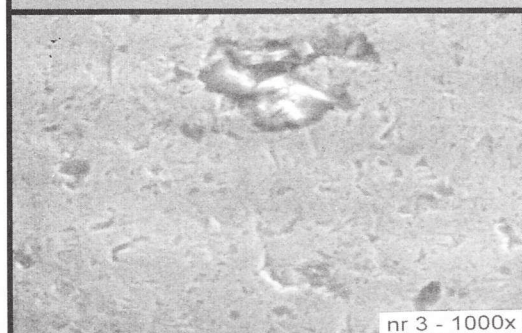
RYS. 4. Prawidłowa struktura austenitu obnażonego wszczepu - próbka nr 8.

FIG. 4. Proper austenitic structure of the bared implant - sample No 8.



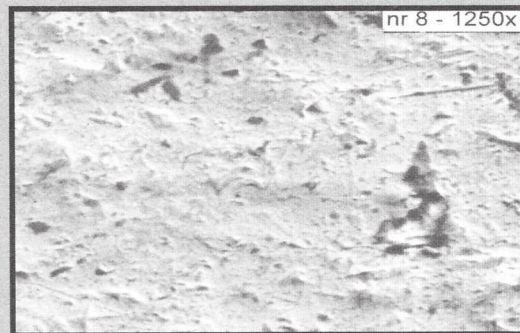
RYS.5. Ślady mechanicznego dogniatania w procesie technologicznym-próbka nr 0.

FIG. 5. Die marks of plastic burnishing in technological processing - sample No 0.



RYS. 6. Ślady wykruszania się węglików z osnowy stali nie obnażonego implantu - próbka nr 3.

FIG. 6. Signs of carbide crumbling from steel matrix of a non-bared implant - sample No 3.



RYS. 7. Ślady wykruszania się węglików z osnowy stali obnażonego implantu - próbka nr 8.

FIG. 7. Signs of carbide crumbling from steel matrix of a non-bared implant - sample No 8.

ków z osnowy stali. Wynika to zapewne z faktu przebywania obnażonych wszczepów w środowisku płynów ustrojowych jak i częstych zmian parametrów elektrolitycznych na powierzchni w wyniku kontaktu z płynami pozaustrojowymi. Nie można jednak również wykluczyć wykruszania się węglików z osnowy stali w wyniku zmęczeniowego "pittingu". Efektu tego nie zaobserwowano natomiast w próbkach dziewiczych.

## Wnioski

1. Stany zapalne twardych tkanek żuchwy, kontakt z płynami ustrojowymi oraz pozaustrojowymi nie powodują obniżenia wytrzymałości miniplatek stosowanych do zespożeń złamań żuchwy.

2. Badania mikroskopowe nie wykazały widocznych zmian korozyjnych na granicach faz. Została utrzymana prawidłowa struktura austenityczna.

3. Zaobserwowano częściowe osłabienie warstwy pasywacyjnej implantów w wyniku globalnego oddziaływania stanów zapalnych, płynów ustrojowych oraz częstych zmian parametrów elektrolitycznych na powierzchni obnażonych implantów.

## Piśmiennictwo

- [1]. Bartkowski S. i inni: Chirurgia szczękowa, Wydawnictwa Collegium Medicum UJ, Kraków, 1996.  
 [2]. Cieślak T., Lipiarz L., Jendroszczyk E., Habelak M., Szporek B.: Ocena wyników chirurgicznego leczenia złamań wyrostków kłykciowych żuchwy, Czasopismo Stomatologiczne, LI, 5 (1998), 349 - 353.  
 [3]. Flieger S.: Traumatologia szczęk i twarzy, PZWL, Warszawa, 1985.

due to fatigue „pitting” could not be excluded either. This effect was not observed in virgin samples.

## Conclusions

1. Features of inflammatory states in hard tissues of mandible, contact with body and extracorporeal fluids do not decrease the strength of miniplates applied for osteosynthesis of mandible fractures.

2. Microscopic investigation did not reveal visible corrosive changes at interfaces. Proper austenitic structure was preserved.

3. Partial loss of the passivation layer of implants was observed due to the global influence of inflammatory states, body fluids and frequent change of electrolytic parameters on the surface of bared implants.

## References

- [4]. Krzymański G., Posmyk S., Domański W., Roszkiewicz W., Biernacka B.: Wskazania do chirurgicznego leczenia złamań żuchwy, Czasopismo stomatologiczne, XLIX, 11 (1996), 764 - 770.  
 [5]. Mutaz B., Habal M., Ariyan S.: Facial fractures, B.C. Decker Inc., Toronto - Philadelphia, 1989.  
 [6]. Pogorzelska-Stronczak B., Cieślak T., Wróbel J.: Zastosowanie różnych elementów zespalających w chirurgicznym leczeniu złamań żuchwy, materiały II Krajowej Konferencji "Biomateriały w stomatologii", Ustroń, (1996), 121 - 126.  
 [7]. Pogorzelska-Stronczak B., Cieślak T., Wąsek A., Szporek B.: Ocena leczenia złamań kości twarzy płytkami zespalającymi odłamy na podstawie pięcioletniego materiału klinicznego, Czasopismo Stomatologiczne, XLIX, 4 (1996), 261 - 268  
 [8]. Tuovinen V., Norholt S. E., Sindet - Pedersen S., Jensen J.: A Retrospective Analysis of 279 Patients With Isolated Mandibular Fractures Treated with Titanium Miniplates, J Oral Maxillofac Surg., 52 (1994), 931 - 936.

# BADANIA KOMPOZYTU WĘGLOWEGO W MIKROSKOPIE SKANINGOWYM PO WSZCZEPNIENIU DO TKANKI KOSTNEJ ZWIERZĄT

GRZEGORZ BAJOR\*, ZBIGNIEW PASZENDA\*\*,  
 JANUSZ BOHOSIEWICZ\*, JAN MARCINIAK\*\*

\* II KATEDRA I KLINIKA CHIRURGII DZIECIĘCEJ ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W BYTOMIU

\*\* INSTYTUT MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH I BIOMEDYCZNYCH POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ W GLIWICACH

## Streszczenie

Podjęte badania kompozytu węglowego na wybranym do doświadczenia modelu zwierzęcym jakim był królik w okresie wzrostu kostnego miały wykazać przydatność tego materiału w chirurgii dziecięcej, szcze-

# SEM EXAMINATION OF CARBON COMPOSITE IMPLANTED INTO THE ANIMALS BONE TISSUE

GRZEGORZ BAJOR\*, ZBIGNIEW PASZENDA\*\*,  
 JANUSZ BOHOSIEWICZ\*, JAN MARCINIAK\*\*

\*DEPARTMENT OF PAEDIATRIC SURGERY IN BYTOM, SILESIA MEDICAL ACADEMY IN KATOWICE

\*\*INSTITUTE OF ENGINEERING AND BIOMEDICAL MATERIALS, SILESIA TECHNICAL UNIVERSITY IN GLIWICE

## Abstract

Behaviour of carbon composite implanted in an animal model, being rabbit in the period of the osseous tissue growth, was examined in order to assess the usability of this material in paediatric sur-