

A fogászatban használt kobalt-króm alapú vázszerkezetek additív és szubsztraktív együttes gyártása

Addictive and Subtractive Combined Production of Cobalt-Chrome-Based Frames in Dentistry

Kónya János,¹ Kulcsár Klaudia²

Dent-Art-Technik Kft., Győr, Magyarország

¹ janos@dentarttechnik.hu

² kulcsar.klaudia@dentarttechnik.hu

Összefoglalás

A tanulmányban a fogtechnikai gyakorlatban használt korszerű 3D-s nyomtatás alkalmazását és a hozzá szükséges előállítási és megmunkálási folyamatot elemezzük. Vizsgáljuk a gyártott fémszerkezetek illeszkedését a használat függvényében, például ragasztott kivitelű konvencionális pótlások, illetve implantátumokra csavarozott rögzített pótlások esetében. Elemezzük a szükséges utómunkálatok hatását és az ezeket befolyásoló tényezőket, például homokszórást, hőkezelést és a forgácsoláshoz szükséges eszközöket, szerszámokat. A vizsgálat célja, hogy megfelelő gyártási folyamatot hozzunk létre az előállított vázszerkezet-típusok szükséges és elégséges illeszkedési pontosságára.

Kulcsszavak: *additív gyártás, 3D nyomtatás, CNC-marás, print and mill, CoCr vázszerkezet.*

Abstract

The following study analyses the use of modern 3D printing technology in dentistry with its necessary manufacturing and machining processes. Fitting of the manufactured metal structures is examined depending on their use, in terms of conventional adhesion-based denture designs and screw-fixed dentures on implants. Influencing factors and effects of the required post-processing steps are examined. Aspects such as sand-blasting, heat treatment, equipment and tools required for cutting are analyzed. The aim of this study is to create a manufacturing process that enables the required precision fitting of the created frame structure types.

Keywords: *additive manufacturing, 3D printing, CNC milling, print and mill, CoCr frame structure.*

1. Bevezetés

A 3D nyomtatás technológiai használatának lehetőségével és az alkalmazás elterjedésével elengedhetetlen vizsgálunk az egyre pontosabb és tökéletesebb fém vázszerkezetek szükséges és elégséges illeszkedését a fogászati gyakorlatban [1, 2]. A tanulmányban vizsgált esetek konkrét munkák elvégzése során kerültek elemzésre, az illeszkedésvizsgálat in vitro modellen a fogtechnikai laborunkban, míg a szájban történt in vivo vizsgálatok rendelői környezetben zajlottak. Kutatásunk célja az volt, hogy megvizsgáljuk az ad-

ditív módon előállított fémszerkezetek nyomtatásból eredő felületeinek sajátosságait. Figyelmet fordítottunk az illeszkedési pontosságot befolyásoló tényezőkre, mint például az alátámasztási elemekre, a különböző helyzetű és irányú felületi érdességekre, valamint eltérésekre [3, 4, 13]. Ezáltal eredményként meghatározhatóvá vált a nyomtatást előkészítő virtuális terv szükséges kompenzációja, az esetleges nyomtatási beállítás, valamint a vázszerkezet funkciójából és rögzítettségéből adódó szubsztraktív utómunkálatok szükségszerűsége [5, 6].

2. A 3D nyomtatás folyamata

2.1. Az alapanyag

Az additív gyártástechnológia során a fogpótlások vázszerkezetei anyagként fogászati Co-Cr ötvözetet használunk [3, 7, 8].

Gyártó: BEGO, típusa: Mediloy S-Co, 5, ISO 22674 és ISO 9693-1.

Összetétel: Co63.9 Cr24.7 W5.4 Mo5.0 Si1.0 [%], szemcseméret: 10-45 μm .

2.2. Sisma MySint 100 és a fémporos nyomtatás folyamata

A vizsgálatunkhoz az LMF (Leaser Metal Fusion) technológián alapuló Sisma MySint 100 típusú fémporos nyomtatót használtuk. Additív módon a fémpor 20 μm -es rétegről rétegre 55 μm -es fókuszpontú, 90 W-os teljesítményű pásztázó lézer segítségével szisztematikus összeolvasztás történik (1. ábra). A nyomtatandó termékek tervezését szabadfelület-modellező programok segítségével valósítjuk meg, az utómunkálat manuálisan, kézi csiszolóeszközök segítségével történik.



1. ábra. A 3D-s nyomtatási munkaterület

3. A nyomtatott vázszerkezetek illeszkedésének követelményei

Két szignifikáns különbséggel bíró termék előállításáról beszélhetünk. Az első a konvencionális csiszolt csomókra ragasztással rögzített fémszerkezetű fogpótlások. A második az implantátumokat rögzítő pilléreként használó csavaros, oldható kötéssel létrehozott fémszerkezetű rögzített pótlások. Mindkét esetben azonos előállítási körülmények mellett, azonos nyomtatási hibákkal számolunk, melyek a következők lehetnek: átlagos geometriai hiba, felületi érdességi hiba, alátámasz-

tások okozta pontatlanság és gyártástechnológiai hiba. Gyári adatok és a saját mérési tapasztalatok alapján összegzett értéke 35 μm alatti. [1, 4]

3.1. Ragasztott vázszerkezetek illeszkedését befolyásoló tényezők

A pillérfogak átlagos anatómiai jellemzői a reziliencia, amely a fogágyban történő rugalmas illeszkedést jelenti és 30-50 μm -es elmozdulást tesz lehetővé [10]. A második befolyásoló tényező a pillérfogakon történő rögzítés, mely nagy általánosságban üvegeionomert cementekkel történik, melynek átlagos szemcsemérete 35–40 μm közötti [1]. Ehhez a tervezés során ragasztási hézagot hozunk létre, amely 80–100 μm . A vázszerkezet nyomtatásából adódó pontatlanság átlagos értéke 35 μm alatti. Ebből az következik, hogy a gyártás pontatlansága a fog minimális rezilienciájával, valamint a ragasztással kiküszöbölhető [4]. A vázszerkezet rugalmasságából származó minimális tényezőkkel nincs értelme kalkulálni [5].

3.2. Csavarral rögzített implantátumpillérű vázszerkezetek illeszkedését befolyásoló tényezők

Az implantátumpillérek anatómiai rezilienciája mindössze 7-8 μm , amire még a környező csontszövet nem reagál kompressziós nekrozissal [11]. A második befolyásoló tényező a kétrészes implantátumok illeszkedési felületének illesztése, mely vagy platformon, vagy esetleg kúpon záródik és igényli a pontos pozicionált csatlakozást, mely átlagos értéke 5 μm alatti kellene hogy legyen. A nem kellően zárt implantátumok illeszkedő felületeiben káros baktériumflóra alakulhat ki, mely az implantátum körüli peri-implantitishoz, az implantátum elvesztéséhez vezethet. Ebben az esetben a komplex, több pilléren nyugvó vázszerkezet rugalmassága is szerepet játszik, amely átlagos értéke a perifériáinál 10–15 μm [9]. Ennek ellenőrzésére Sheffield-tesztet használunk. A kapott adatok alapján a nyomtatott termékek-nél pontosító után marásra van szükség [2, 12].

4. Az additív és szubsztraktív technológia együttes használata

Használati feltételei: a termék tervezésénél egy parametrikus segédprogram használatával az előre kiválasztott után marási felületeket offseteljük, azaz kiegészítjük felületi ráhagyással. A tervezett ráhagyás biztosítja az utánmaráshoz, az eltérések kompenzálásához az anyagszükségletet. A következő lépésben a nyomtatási plat-

form tervezésénél segédelemeket tervezünk a vázszerkezetek modelljéhez a marógépbe történő pozicionálás, nullpont-befogás érdekében. Az így módosított nyomtatási tervet töltjük be a gépbe és nyomtatjuk ki. A felületi érdességet korrigáló homokfúvást követően módosított hőkezelésre kerül sor, amelyet anyagszerkezeti és szilárdságtani vizsgálatokból származó adatok alapján határoztunk meg. A korábbi anyagvizsgálataink mért eredményeit felhasználva megállapítást nyert, hogy a 3D nyomtatással előállított és a gyári programmal hőkezelt fémszerkezet forgácsolással történő megmunkálásának mechanikai tulajdonságai javíthatók. Célja, hogy a feszültségmentesítő hőkezelés során az anyagszerkezet módosult állapota alkalmasabb legyen a pontosító utómunkálatra (2. ábra).



2. ábra. Nabertherm P330 hőkezelő kemence használat közben

Négy módosított hőkezelési stratégiát határoztunk meg [7], amelyek során a nyomtatott próbatesteken szakító- és keménységvizsgálatokat végeztünk (1. táblázat). Az általunk használt CoCr-ötvözethez párosítható metallográfiai és tapasztalati adatokat használtunk fel. Az 2. táblázat valós környezetben mért és használt, a Nabertherm P330 hőkezelő kemencénél alkalmazott adatokat tartalmazza.

1. táblázat. Az eredmény mechanikai tulajdonságai

	Szakítószilárdság (MPa)	Szakadási nyúlás (%)	Rugalmassági modulus (MPa)
Gyári	923	7,4	39 180
Módosított	1003	16,06	33 804

2. táblázat. A hőkezelés módosítása

Gyári hőkezelés		Módosított hőkezelés	
Starthőmérséklet	650 °C	Starthőmérséklet	650 °C
Felfűtés: 18 perc	800 °C	Felfűtés: 38 perc	900 °C
Hőntartás: 15perc	800 °C	Hőntartás: 28perc	900 °C
Lehűtés: 60 perc	550 °C	Lehűtés: 75 perc	550 °C

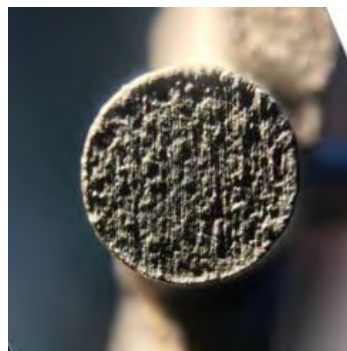
5. Precíziós utómunkálat

5.1. Az utólagos megmunkálás eszköze

A Vhf S1 szimultán öttengelyes fogászati marógép vízhűtéses rendszerrel működik, ezáltal képes CoCr és Ti alapanyagok megmunkálására egyaránt. 0,6 kW-os főorsó, kis méret és nagy viszatérési pontosság, $\pm 0,003$ mm jellemzi.

5.2. Az utólagos megmunkálás szerszámai

Az OSG Dental Industry gyémántbevonatú szerszámai nagy pontosságú megmunkálást tesznek lehetővé a fogászati fémötvözetek pontosító utómunkálása során. [1, 5]. A módosított hőkezelésének köszönhetően az általunk használt OSG Dental Industry szerszámok tartósabban és szerszámkímélőbbben tudják a megmunkálási protokollt végzni (3. és 4. ábra).



3. ábra. Az utómunkálat előtti geometria és felület



4. ábra. Az implantátumos illeszkedő felület megmunkálva

6. Összefoglalás

A hőkezelés eredményének alkalmazásával, az utánmarás lehetőségének felhasználásával a 3D nyomtatott vázszerkezeteknél a fogtechnikai gyakorlatban használt implantátumokra rögzített fogpótlások a tanulmányunkban meghatározott illeszkedési pontossággal elkészíthetőek (5. ábra).



5. ábra. Az illeszkedőfelületük készre munkálásával rendelkező fogmű-vázszerkezetek

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Nelson N., K. S. J., Sunny K.: *Marginal Accuracy and Internal Fit of Dental Copings Fabricated by Modern Additive and Subtractive Digital Technologies*. The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry, 25/1. (2017) 20–25. https://doi.org/10.1922/EJPRD_01611Nelson06
- [2] Joda T., Ferrari M., Gallucci G. O., Wittneben J. G., Brägger U.: *Digital technology in fixed implant prosthodontics*. Periodontol 2000, 73/1. (2017) 178–192. <https://doi.org/10.1111/prd.12164>
- [3] Kim K. B., Kim J. H., Kim W. C., Kim J. H.: *Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies*. The Journal of Prosthetic Dentistry, 112/6. (2014) 1432–1436. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.07.002>
- [4] van Noort R.: *The future of dental devices is digital*. Dental Materials, 28/1. (2012) 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>
- [5] Kim D. Y., Kim J. H., Kim H. Y., Kim W. C.: *Comparison and evaluation of marginal and internal gaps in cobalt-chromium alloy copings fabricated using subtractive and additive manufacturing*. Journal of Prosthodontic Research, 62/1. (2018) 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.05.008>
- [6] Yan X., Lin H.: *Research progress in CoCr metal-ceramic alloy fabricated by selective laser melting*. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 53/2. (2018) 141–144. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.02.017>
- [7] Barazanchi A., Li K. C., Al-Amleh B., Lyons K., Waddell J. N.: *Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry*. Journal of Prosthodontics, 26/2. (2017) 156–163. <https://doi.org/10.1111/jopr.12510>
- [8] Kassapidou M., Franke Stenport V., Hjalmarsson L., Johansson C. B.: *Cobalt-chromium alloys in fixed prosthodontics in Sweden*. Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica, 3/1. (2017) 53–62. <https://doi.org/10.1080/23337931.2017.1360776>
- [9] de França D. G., Morais M. H., das Neves F. D., Carreiro A. F., Barbosa G. A.: *Precision Fit of Screw-Retained Implant-Supported Fixed Dental Prostheses Fabricated by CAD/CAM, Copy-Milling, and Conventional Methods*. The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 32/3. (2017) 507–513. <https://doi.org/10.11607/jomi.5023>
- [10] Fehér E., Gallatz K., Gerber G., Székely A. D.: *Maxillofacialis anatómia*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2014. 79–9.
- [11] Ihde S. K. A., Ihde A. A.: *Bevezetés a Stratégiai Implantátumok használatába*. International Implant Foundation Publishing, München, 2016.
- [12] Marková K., Mitrushchenkov Y., Idhe S. K. A., Idhe A. A.: *Stratégiai implantátumokon végzett technikai munkafázisok*. International Implant Foundation Publishing, München, 2016.
- [13] Redwood B., Schöffner F., Garret B., *The 3D Printing Handbook*. 3D Hubs B.V., Amsterdam, 2017. 123–133, 213–215.

ERRATUM

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület mint kiadó és az Acta Materialia Transylvanica szerkesztősége sajnálattal értesíti a szerzőket és az olvasókat, hogy a folyóirat 2018-as évfolyam 1 és 2. lapszámaiban a cikkek magyar nyelvű változatainál a DOI-azonosítók prefixei hibásan jelentek meg.

A cikkek fejléceiben a magyar nyelvű változatnak megfelelő DOI prefix helyesen: **10.33923**, nem 10.2478.

A prefixek 2023 szeptemberében a lapszámok honlapján:

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-1.htm> illetve

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-1.htm>

és

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-2.htm> illetve


<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-2.htm>

minden cikkben javításra kerültek, feltüntetve az eredeti, hibás és az új, helyes azonosítót is.

A DOI-azonosítók helyes számra történő cserélése a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT) is megtörtént.

A hibáért minden szerző és olvasó szíves elnézését kérjük és tisztelettel kérjük, hogy ezentúl az új, helyes azonosítót legyenek szívesek használni!

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Kiadó és az Acta Materialia Transylvanica Szerkesztősége nevében:


Bitay Enikő
főszerkesztő

ERRATUM

The Erdélyi Múzeum-Egyesület as Publisher, and the Editorial Office of Acta Materialia Transylvanica regret to inform the authors and readers that the prefixes of the DOI identifiers of the Hungarian versions of the articles in issues 1 and 2 of the journal in 2018 were incorrectly published.

In the article headings, the DOI prefix corresponding to the Hungarian version of the article is **10.33923**, not 10.2478.

In September 2023, the prefixes were corrected in all articles on the websites of the journal issues:

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-1.htm> respectively

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-1.htm>

and

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-2.htm> respectively

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-2.htm>

showing the original incorrect one crossed out and the new, correct identifier.

The replacement of the DOI identifiers with the correct number has also been done in the Hungarian Repository of Scientific Works (MTMT).

We apologize to all authors and readers for this error, and respectfully request that you use the new, correct identifier from now on!

On behalf of the Erdélyi Múzeum-Egyesület Publisher and the Editorial Office of Acta Materialia Transylvanica:



Bitay Enikő

Editor-in Chief