

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ МЕТАЛЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ЭТАПАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕСЪЕМНЫХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Ермолаев Г.А., Храменков С.И., Дмитроченко А.П.

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Актуальность

В ортопедической стоматологии применяется большое количество металлов и сплавов. Чаще всего металлические каркасы для ортопедических конструкций изготавливается путем литья. Но в последнее время современные цифровые технологии все больше находят применение в повседневной жизни, и стоматология не является исключением. С каждым днём у врачей-стоматологов и зубных техников появляется все больше возможностей для их использования на этапах стоматологического лечения.

3D-печать уже стала привычной в стоматологической практике. Сегодня 3D-принтер для стоматологов позволяет выпускать модели коронок, мостов, виниров и др. из различных материалов, в том числе и из сплавов металлов. Это существенно облегчает и ускоряет работу зуботехнической лаборатории: широкий ассортимент материалов позволяет в короткие сроки решить практически любую задачу. С помощью стоматологического 3D-принтера можно моделировать значительное количество необходимых экземпляров за одну сессию. Все проекты сохраняются в файлах, поэтому в будущем можно повторно изготовить такую же модель при необходимости.

Твердость – одно из важнейших физико-механических свойств сплавов металлов, которое необходимо учитывать при изготовлении ортопедических

конструкций. Она может зависеть как от материала, так и от метода изготовления данных конструкций. Твердость материала отражает устойчивость к стиранию и устойчивость к образованию вмятин или вдавлений.

Целью данного исследования явилось сравнить твердость сплавов металлов, применяемых для изготовления несъемных ортопедических конструкций.

Цель исследования

Сравнить твердость металлических образцов, изготовленных методом литья и 3D- печати (SLM/DMLS).

Материал и методы

Изготовлены 2 образца из сплавов металлов. Первый образец изготовлен методом литья из кобальто-хромового сплава (Co - 61,3%, Cr - 30,15%, Mo - 5,5%, Si 1%). Второй образец так же изготовлен из кобальто-хромового сплава (Co - 60%, Cr - 32%, Mo - 6%), но методом послойного порошкового спекания (3D печать).

Порядок подготовки образца:

1. на ручном абразивном отрезном станке Vaincut M отрезается часть образца для дальнейшего исследования;
2. запрессовка образцов в программируемом автоматическом прессе с одним цилиндром Metcon Ecopress 100 в заливочные формы диаметром 30 мм;
3. шлифование полученных залитых форм с образцом на Digiprep 251 – шлифовально-полировальной системе для подготовки металлографических образцов;
4. микродюрметрические исследования выполняли с использованием цифрового микротвердомера AFFRI-MVDM8 (AFFRI, Италия). Метод Виккерса;
5. полученный образец для исследования структуры подвергался травлению «царской водкой» $\text{HNO}_3 + 3 \text{HCl}$.

Была измерена твердость двух исследуемых образцов на специальном аппарате методом Виккерса, который основан на вдавливании под нагрузкой Р в испытуемый образец наконечника в виде алмазной пирамиды. Величина твердости по Виккерсу HV определяется по формуле:

$$HV = \frac{2p \sin\alpha/2}{d^2} ,$$

где p – величина нагрузки, кг;

a – угол при вершине между противоположными гранями пирамиды, равной $136^{\circ}\pm 30'$;

d – среднее арифметическое длины обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Твердость измерялась в сердцевине образцов (10 измерений) и вблизи края образцов (3 измерения) (таблица 1).

	Образец №1 (изготовлен методом литья)	Образец №2 (изготовлен методом 3D-печати)
Твердость сердцевины, HV	364, 351, 339, 317, 270, 457, 317, 299, 331, 345	571, 589, 598, 559, 578, 541, 584, 588, 501, 575
	$\Sigma = 344$	$\Sigma = 568$
Твердость вблизи края, HV	377, 384, 351	488, 523, 488
	$\Sigma = 370,6$	$\Sigma = 499,6$

Таб.1. Показатели твердости образцов

Результаты исследования

В результате исследования было выявлено, что образец №2 по твердости превосходит образец №1 в 1,5 раза. Также твердость образца №2, измеренная в разных точках, между собой отличается меньше, чем в образце №1. Это связано со структурой образцов на шлифах. На шлифе образца №1 видна выраженная дендритная структура с размером ячеек более 100 мкм. Такая грубая дендритная структура является причиной низких механических и технологических свойств сплавов, в частности неравномерную твердость, тогда как тонкое дендритное строение с ячейкой 20—30 мкм и менее обуславливает высокие свойства сплавов. На шлифе образца №2 структура дисперсная, что обуславливает более равномерную и высокую твердость.

Заключение

В ходе изготовления у первого образца скорость охлаждения была ниже, чем у второго, это способствовало появлению дендритной структуры (т.е. неоднородности сплава). При относительно медленном остывании появляются точки формирования зёрен, которые далее составляют различные структуры, в данном случае дендритную. В целом, чем выше скорость охлаждения сплавов, тем мельче получаются зерна и тем сплав (металл) становится более твердым. Поэтому можно отметить, что разность структур влияет на твердость образца.

Список литературы

1. Ортопедическая стоматология: учебник. В 2 ч. Ч. 1 / С.А. Наумович, Л.С. Величко, И.И. Гунько [и др.]; под общ. ред. С.А. Наумовича, А. С. Борунова, С. С. Наумовича. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 319 с.

2. Ортопедическая стоматология: учебник для студентов / Н. Г. Аболмасов, Н. Н. Аболмасов, В. А. Бычков [и др.]; под. ред. Н. Г. Аболмасова. – М.: МЕДпресс-информ, 2007. – 5-е издание. – 496 с.

3. Денисов Н.Д., Салеева Л.Р., Кузнецов Э.Ю. Использование сплавов металлов в ортопедической стоматологии // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману. 2019. С. 113-119.

4. Курляндский В. Ю. Ортопедическая стоматология / В.Ю. Курляндский. – Москва: Медицина, 1977. – 488 с.

5. Денисов Н.Д., Салеева Л.Р., Кузнецов Э.Ю. Методы устранения дефектов литья // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Махачкала. 2021. С. 167-169.

6. Жулёв, Е. Н. Несъёмные протезы: теория, клиника и лабораторная техника / Е. Н. Жулёв. Н. Новгород: изд-во НГМА. 1995. - 365 с.

7. Ортопедическая стоматология. Лечение несъёмными протезами: учеб. пособие / С.А. Наумович [и др.] ; под. ред. С.А. Наумовича. – 2-е изд. – Минск : БГМУ, 2009. –139 с.

8. Лебеденко И.Ю., Ортопедическая стоматология: учебник/ под ред. И.Ю. Лебеденко, Э.С. Каливрадзияна. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 640 с.