

Ортопедическая стоматология

УДК 613.31:615.465

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРА СО-CR-MO СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СПЛАВА «REMANIUM GM 700» ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛАВАХ

**В. Д. Киндий, Д. Д. Киндий,
Н. Н. Малюченко, В. В. Ярковий**

Высшее государственное учебное заведение Украины
«Украинская медицинская стоматологическая академия»,
г. Полтава, Украина

MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF CO-CR-MO ALLOY REMANIUM GM 700 AT MULTIPLE SUCCESSIVE REFININGS

**V. Kindiy, D. Kindiy,
N. Maliuchenko, V. Jarkovyi**

Higher state educational institution of Ukraine
«Ukrainian Medical Stomatological Academy»,
Poltava, Ukraine

Отливка – наиболее широко используемый в настоящее время метод создания металлических конструкций зубных протезов в ортопедической стоматологии [1]. Это обусловлено тем, что штампованно-паяные конструкции обладают рядом существенных недостатков как технологического, так и клинического характера [2]. Одним из важных преимуществ отливки как метода является возможность получения монолитной конструкции, которая является точной копией модели. Отмеченное обстоятельство, с одной стороны, обеспечивает ее высокую конструкционную прочность, а с другой – сводит к минимуму процедуру дальнейшей технологической обработки протеза [3]. Последнее обуславливает существенное снижение потерь используемого сплава на механическую обработку, что представляется немаловажным, т. к. стоимость литых стоматологических сплавов весьма высока.

Вместе с тем, процесс отливки неизбежно сопряжен с появлением большого количества неиспользованного переплавленного материала (достаточно протяженные литниковые хо-

ды, некоторый запас материала в тигле и т. д.). Отмеченные обстоятельства приводят к проблеме рециркуляции (повторного использования) литейных стоматологических сплавов, решение которой позволило бы снизить стоимость протезов.

В этой связи нами предпринимается попытка систематического комплексного исследования механических свойств и структуры Со-Сr-Мо стоматологического сплава «Remanium GM 700» при многократных последовательных переплавах. В настоящей работе представлены результаты механических испытаний.

Материал и методы исследования. Сплав «Remanium GM 700» поставляется на отечественный стоматологический рынок фирмой «Dentaurum» (Германия) и согласно паспортным данным содержит Со-61%, Cr-32%, Мо-5%, остальные – Mn, С, Si. Плотность сплава $8,2 \cdot 10^3$ кг/м³, условный предел текучести $\delta_{0,2} = 740$ МПа, предел прочности на растяжение $\delta_{пр.} = 960$ МПа, максимальная деформация при растяжении $\Sigma_{max} = 4\%$, модуль упругости $E = 22,5$ ГПа.

Для проведения механических испытаний исходный сплав подвергали последовательно шестикратному переплаву по режиму, указанному фирмой-изготовителем. Температура расплава 1370°C, время выдержки 10 минут. После этого расплав пересевали в изложницы из материала «Castorit-Superc» и охлаждали естественным образом до комнатной температуры.

При каждом переплаве изготавливали три типа образцов:

1. Образец для исследования микротвердости в виде плоской пластинки размером 10x10x2 мм³;
2. Образец для измерения модуля упругости в виде цилиндра данной 36 мм и диаметром 3мм;
3. 10 образцов для растяжения в виде двухсторонних лопаточек с размером рабочей части 0,4x5x25 мм³.

После извлечения из формы образцы обрабатывали в пескоструйном аппарате оксидом алюминия дисперсностью 50 мкм, использовались как на копировальной бумаге и стеклянной пластинке с абразивным порошком. Для исследования микротвердости одну из поверхностей пластинки дополнительно полировали на замке с алмазной пастой. Микротвердость исследовали на микротвердомере ПМТ-3 при четырех нагрузках на инжектор (10, 20, 40 и 100 г).

Модуль упругости измеряли акустическим методом двойного составного вибратора на резонансной частоте 73кГц при амплитуде звуковой волны $\Sigma_0 \sim 10^{-7}$.

Деформационные кривые на растяжении регистрировали на деформационной установке МРК-1 при скорости деформации 0,2 мм/мин. По полученным кривым определяли условный предел текучести $\delta_{0,2}$, предел прочности $\delta_{пр}$ и максимальную деформацию к разрушению Σ_{max} .

Результаты исследования и их обсуждение

1. Микротвердость. В табл. 1 представлены усредненные по 20 точкам результаты измерения микротвердости изученного сплава, как в состоянии поставки, так и после каждого из шести последо-

вательных переплавов при различных нагрузках на инжектор.

Следует отметить, что с увеличением числа переплавов заметно увеличивается разброс данных, что свидетельствует о повышении степени неоднородности образцов.

Анализ приведенной **таблицы** выявляет две тенденции: первая – снижение микротвердости с увеличением нагрузки на инжектор, что является типичным результатом для всех материалов, и вторая (более ярко выраженная) – снижение микротвердости по мере последовательных переплавов. Последний результат свидетельствует о неуклонном снижении прочностных характеристик сплава с увеличением количества переплавов, однако, количественные данные остаются на приемлемом уровне даже после шестого переплава.

2. Модуль упругости. В табл. 2 приведены изменения значения модуля упругости для образцов после каждого переплава в сравнении с паспортными данными.

Хорошо видно, что в пределах погрешности эксперимента величина модуля упругости остается постоянной после всех шести переплавов и соответствует паспортным данным для исходного сплава.

3. Механические свойства на растяжение. Деформационные кривые всех исследо-

Таблица 1

Микротвердость (H_v , ГПа) сплава «Remanium GM 700» при различных нагрузках

Нагрузки образец	10 г	20 г	50 г	100 г
исходный образец	7,9	7,9	6,8	6,7
I переплав	6,7	5,5	5,8	5,6
II переплав	6,6	5,8	5,2	5,7
III переплав	5,9	5,1	5,4	4,9
IV переплав	4,8	5,4	4,9	4,8
V переплав	4,9	5,1	4,6	4,6
VI переплав	4,7	4,7	4,3	4,5

Таблица 2

Модуль упругости сплава «Remanium GM 700» (E, ГПа)

Паспортные данные	I переплав	II переплав	III переплав	IV переплав	V переплав	VI переплав
225	231	234	220	215	220	223

ванных образцов, как правило, имеют стандартный вид – линейный упругий участок, после которого наблюдается плавный переход к параболическому упрочнению. Наиболее существенные отличия от паспортных данных наблюдаются в величине максимальной деформации к разрушению – в исследуемых нами образцах Σ_{\max} не превышало 1%, в то время как фирма-изготовитель гарантирует эту величину на уровне 4%. Что касается величины $\delta_{0,2}$ и $\delta_{\text{пр}}$, то, по крайней мере, для начальных переплавов наблюдается хорошее соответствие измеренных и паспортных данных.

Вместе с тем после многократных переплавов наблюдается и другой тип деформационных кривых, который характеризуется значительно более ранним разрушением непосредственно в области упругой деформации, что свидетельствует о хрупком характере разрушения. Последнее подтверждается также и внешним видом поверхности разрушения. При этом предел прочности таких образцов $\delta \times r$ может быть в несколько раз ниже, чем предел прочности для кривых первого типа $\delta_{\text{пр}}$. Особый интерес представляет соотношение между указанными типами деформационных кривых и характеров разрушения – если для начальных переплавов характерен только первый тип кривых, то, начиная с третьего переплава, появляется и второй тип, причем к шестому переплаву он начинает преобладать.

Результаты исследования показали, что полученные данные об условном пределе те-

кучести $\delta_{0,2}$ для образцов, которые обнаруживают деформационные кривые первого типа. Видно, что $\delta_{0,2}$ в пределах экспериментальных данных не зависит от количества переплавов и неплохо соответствует паспортному значению 240 мПа. Предел прочности $\delta_{\text{пр}}$ имеет тенденцию к уменьшению с увеличением числа переплавов и не достигает паспортного значения 960 мПа, что связано прежде всего с заметным снижением максимальной деформации к разрушению (образцы просто не успевают достичь соответствующей нагрузки).

Заключение. Представленные результаты комплексного исследования механических характеристик стоматологического литейного сплава «Remanium GM 700» свидетельствуют о тенденции некоторого снижения этих характеристик по мере увеличения числа переплавов. Вместе с тем некоторые образцы после третьего переплава и далее обнаруживают хрупкое поведение с катастрофическим снижением прочностных характеристик, причем вероятность такого поведения значительно возрастает по мере увеличения числа переплавов.

Все это указывает на то, что следует проявлять большую осторожность при повторном использовании сплава для литья ортопедических конструкций. Причины указанного поведения, несомненно, следует искать в изменении структуры сплава при переплаве, результаты исследования которой будут представлены в последующей работе.

Список литературы

1. Бобылев А. В. Механические и технологические свойства металлов / А. В. Бобылев. – М. : Металлургия, 1980. – 101 с.
2. Дойников А. И. Физико-механические характеристики сплавов, используемых для изготовления металлокерамических протезов / Дойников А. И., Картуков Е. В., Долгинов В. Е. // Стоматология. – 1985. – Т. 64, №4. – С. 75–78.
3. Жулев Е. Н. Материаловедение в ортопедической стоматологии / Е. Н. Жулев. – Н. Новгород: Изд.-во НГМА, 1997. – 136 с.
4. Корень В. Н. Основные тенденции изучения и разработка сплавов для ортопедической стоматологии / Корень В. Н., Хлебникова Т. В., Машкина Т. Б. // Стоматология. – 1987. – Т. 66, №1. – С. 85–89.
5. Кордіяк А. Ю. Визначальні та супутні фізико-механічні характеристики при порівнянні кобальто-хромових сплавів для литва / А. Ю. Кордіяк // Вісник стоматології. – 1996. – №2. – С. 135–137.

6. Гальванічні процеси в порожнині рота та їх вплив на організм людини / [В. Ф. Макеєв, А. Ю. Кордіяк, Л. Г. Горох, М. М. Угрин] // Новини Стоматології. – 2000. – Т. 22, № 1. – С. 19–21.
7. Онищенко В. С. Сплавы металлов, применяемые в ортопедической стоматологии и их основная характеристика / В. С. Онищенко. – М., 1982. – 100 с.
8. Скоков А. Д. Сплавы в ортопедической стоматологии / А. Д. Скоков // Новое в стоматологии. – 1998. – Т. 1, № 1. – С. 28–44.
9. Физическое металловедение; под ред. Кана Р. У. – Т. 3. – Физико – механические свойства металлов и их сплавов: пер. с англ. – М. : Metallurgia, 1987. – 170 с.

Резюме

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СПЛАВА «REMANIUM GM 700» ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛАВАХ В. Д. Киндий, Д. Д. Киндий

Цель работы – исследование и оценка механических свойств Co-Cr-Mo стоматологического сплава «Remanium GM 700» при многократных последовательных переплавах.

Для проведения механических испытаний исходный сплав подвергался последовательному шестикратному переплаву по режиму, указанному фирмой-изготовителем.

Исследования показали, что некоторые образцы после третьего переплава и далее обнаруживают хрупкое поведение с катастрофическим снижением прочностных характеристик, причем вероятность такого поведения значительно возрастает по мере увеличения числа переплавов.

Все это указывает на то, что следует проявлять большую осторожность при повторном использовании сплава для литья ортопедических конструкций.

Ключевые слова: кобальтохромовый сплав, микротвердость, упругость, растяжение, многократный переплав сплава.

Abstract

MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF CO-CR-MO ALLOY REMANIUM GM 700 AT MULTIPLE SUCCESSIVE REFININGS V. Kindiy, D. Kindiy, N. Maliuchenko, V. Jarkovyi

The aim of work is an investigation and an estimation of the mechanical properties of Co-Cr-Mo alloy Remanium GM 700 at multiple successive refinings.

For mechanical testing, the original alloy had been subjected to successive sixfold remelting by the mode specified by the manufacturer. After each remelting, there were prepared three types of samples:

- a sample to study the microhardness in the form of a flat plate sized 10x10x2 mm³;
- a sample to study the modulus of elasticity as a cylinder of 36mm with a 3mm diameter;
- 10 samples for stretching in the form of bilateral spatulas with the size of the working part 0,4x5x25 mm³.

Studying the microhardness of samples, we had found a steady decrease in the strength characteristics of the alloy with increasing number of remelting, however, the quantitative data remains at an acceptable level even after the sixth remelting.

Within the experimental error, the value of modulus of elasticity remains constant after all six refinings and corresponds to the passport data of an original alloy.

It was established that $\delta_{0.2}$ within the experimental data does not depend on the number of refinings and enough good corresponds to the passport value of 240 MPa. Tensile strength δ_{np} tends to decrease with increasing number of refinings and does not reach the passport value of 960 MPa that is primarily due to a significant reduction in the maximum deformation to destruction (samples simply do not have time to reach the appropriate load).

The studies showed that some samples after the third remelting and later become very fragile with catastrophic reduction in the strength characteristics, the probability of this rises up with increasing number of remelting.

All this indicates that we should be very careful when re-using an alloy forming the orthopedic structures.

Keywords: cobalt-chrome alloy, microhardness, упругость, stretching, multiple remelting of alloy.