

Е. Н. Чайка, В. Н. Руднева

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕПЛАВЛЯЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИТЕЙНЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ СПЛАВОВ «Remanium GM-700» и «Remanium CSe»

Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца

Металлические сплавы давно используются в стоматологической практике. В настоящее время наиболее широкое применение в стоматологии получили сплавы на основе двух систем: *Co-Cr-Mo* и *Ni-Cr-Mo*. Это связано с их высокими технологическими, физико-механическими, эстетическими характеристиками, а также хорошей биосовместимостью.

Вместе с тем, сведения об их фазовом составе и тонкой структуре в научной литературе крайне ограничены. Это обстоятельство существенно затрудняет разработку новых стоматологических сплавов с улучшенными свойствами.

Кроме того, стоимость этих сплавов остается достаточно высокой. Одним из путей удешевления ортопедических конструкций и экономии дорогостоящих сплавов является рециркуляция, т.е. повторные переплавы брака металлических конструкций и отходов литья, которые составляют до 50% исходного материала вследствие сложности отливаемых форм.

Однако в литературе отсутствуют систематические исследования процессов, которые происходят при повторных переплавах сплавов указанных систем. В связи с этим рекомендации по рециркуляции дентальных сплавов крайне противоречивы.

Поэтому изучение тонкой структуры дентальных сплавов и их свойств при многократных пе-

реплавах актуально как с научной, так и с практической стороны.

Как показано было нами ранее [1,2], рециркуляция литейных дентальных сплавов двух систем *Co-Cr-Mo* («Remanium GM-700») и *Ni-Cr-Mo* («Remanium CSe») ограничивается деградацией (вплоть до охрупчивания) их физико-механических свойств. Кроме того, в указанных работах были высказаны соображения о том, что причиной деградации является накопление оксидов и карбидов, источником которых является поверхность переплавляемого материала. В этой связи была предпринята попытка проследить, как повлияет дополнительная предварительная механическая обработка поверхности переплавляемого материала на физико-механические свойства обоих сплавов при шестикратном последовательном переплаве [3]. В связи с тем, что механическая полировка поверхности переплавляемого материала не всегда возможна из-за сложной формы этой поверхности, нами была предпринята попытка использовать электролитическую полировку указанных поверхностей.

Материал и методика исследования

Сплав «Remanium GM-700», поставляемый фирмой «Dentaurum» (Германия), согласно паспортным данным содержит *Co* – 61%, *Cr* – 32%, *Mo* – 5%, остальные – *Mn*, *C*, *Si*. Плотность сплава $8,2 \cdot 10^3$ кг м³, условный предел текучести

$\sigma_{0,2} = 740$ МПа, предел прочности при растяжении $\sigma_{пр} = 960$ МПа, максимальная деформация при растяжении $\epsilon_{max} = 4\%$, модуль упругости $E = 225$ ГПа.

Сплав «Remanium CSe» производства фирмы «Dentaurum» (Германия) согласно паспортным данным содержит *Ni* – 61%, *Cr* – 26%, *Mo* – 11%, *Si* – 1,5%. Плотность сплава $8,2 \cdot 10^3$ кг/см³, условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 340$ МПа, предел прочности на растяжение $\sigma_{пр} = 580$ МПа, максимальная деформация при растяжении $\epsilon_{max} = 15\%$, модуль упругости $E = 170$ ГПа.

Исходный сплав «Remanium GM-700» подвергался последовательному шестикратному переплаву по следующему режиму: температура расплава 1370°C, время выдержки 10 минут. После этого расплав переливали в изложницы из материала «Castorit-Super C» и охлаждали естественным образом до комнатной температуры.

Исходный сплав «Remanium CSe» подвергался последовательному шестикратному переплаву по режиму, указанному фирмой-изготовителем, в условиях зуботехнической лаборатории. Температура расплава 950°C, время выдержки в расплавленном состоянии 60 мин. После этого расплав переливали в изложницы из материала «Castorit-Super C» и охлаждали естественным образом до комнатной температуры.

Полученные образцы были распределены на две группы в соответствии с разнообразными методами обработки поверхности.

Образцы I группы обрабатывали в пескоструйном аппарате с оксидом алюминия дисперсностью 50 мкм в течение 10 мин. и далее на шлифовальной бумаге и стеклянной пластинке с абразивным порошком, а после полировали на замше с алмазной пастой.

Образцы II группы, помимо вышеизложенной механической обработки, дополнительно подвергали электролитической полировке. Для этой полировки использовали следующий состав: 12% этилового спирта, 12% воды, 12% фосфорной кислоты, 52% этиленгликоля, 12% концентрированной серной кислоты (компоненты смешивали в указанном порядке). Применяли следующий режим полирования: постоянное напряжение 10-15 В, плотность тока 20-30 А/дм², катод – свинец,

температура электролита 60°C, время 20-30 с. [4].

После каждого перепада изготавливали два типа образцов: для исследования микротвердости и 20 образцов для механических испытаний на растяжение.

Микротвердость по Виккерсу измеряли на приборе ПМТ-3 при различных нагрузках на индентор. Величину микротвердости определяли по формуле [5]:

$$Hv = \frac{1.854P}{d^2},$$

где P – нагрузка на индентор, d – диагональ отпечатка.

Механические характеристики при деформации растяжения исследовали на деформационной машине МРК-1 [6] при скорости деформации 0,25 мм/мин. По деформационным кривым определяли: условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, предел прочности $\sigma_{пр}$, максимальную деформацию до разрушения ϵ_{max} .

Плотность образцов измеряли стандартным методом гидростатического взвешивания.

Результаты и их обсуждение

Микротвердость образцов после последовательных перепадов практически не зависит от способа предварительной обработки поверхности. Это связано, с одной стороны, с тем, что микротвердость всегда изучалась на полированной поверхности, а, с другой, с тем, что накопление из поверхностных слоев дополнительных фаз (оксидов, карбидов) не носит тотального характера. Кроме того, микротвердость этих фаз, как правило, выше, чем микротвердость основной фазы сплава.

Что касается основных характеристик деформационных кривых (условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, предел прочности σ_{max}), то дополнительная обработка поверхности оказала вполне заметное влияние на предел прочности, особенно для Co-Cr-Mo сплава

$\sigma_{пр}, \sigma_{хр}, \text{ МПа}$

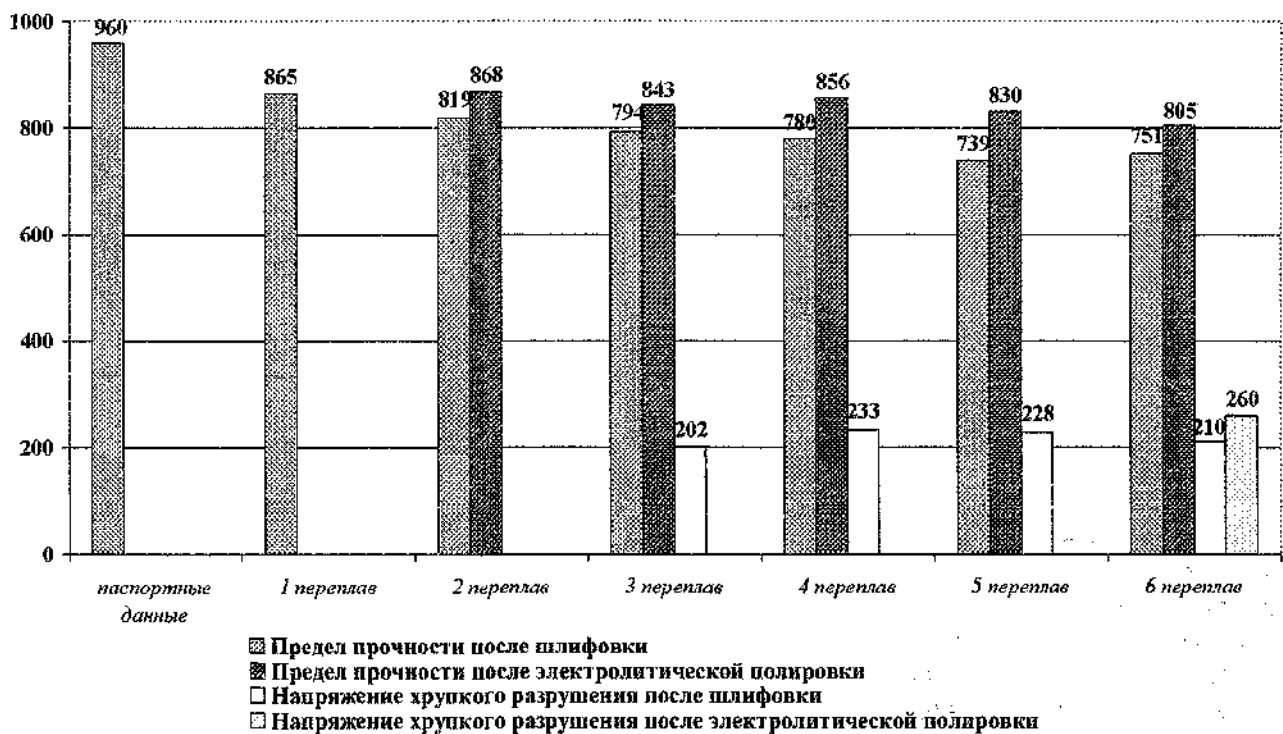


Рис. 1. Предел прочности и напряжение хрупкого разрушения сплава «Remanium GM-700» при последовательных перепадах после электролитической полировки поверхностей

σ_{пр}, σ_{хр}, МПа

Рис. 2. Предел прочности и напряжение хрупкого разрушения сплава «Remanium CSe» при последовательных переплавах после электролитической полировки поверхностей

(«Remanium GM-700»), и, что самое главное, на склонность к охрупчиванию.

Соответствующие параметры деформационных кривых для сплава «Remanium GM-700» приведены на рис. 1, а для сплава «Remanium CSe» – на рис. 2.

Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ мало чувствителен к способу обработки поверхности, поэтому приведены данные лишь для предела прочности и напряжения хрупкого разрушения.

Как видно из рисунков 1 и 2, ситуация оказывается еще более благоприятной, чем при механической полировке.

Так, для сплава «Remanium GM-700» хрупкое поведение появляется только после шестого переплава (15% образцов), а для сплава «Remanium CSe» ни один из образцов не испытал хрупкого разрушения. Это свидетельствует о том, что электролитическая полировка является более

эффективной в смысле очистки поверхностных слоев переплавляемого материала от оксидов и карбидов.

Рентгеновский микроанализ поверхностей разрушения обоих сплавов показал в образцах, испытавших хрупкое разрушение, наличие карбидов и оксидов, которые по-прежнему можно считать главной причиной охрупчивания.

Вместе с тем, как видно из вышеизложенного, можно достичь заметного улучшения физико-механических характеристик многократно переплавленных образцов более тщательной обработкой поверхности переплавляемого материала.

Вследствие сложной формы ортопедических конструкций – множество ажурных компонентов, сложной полициклической поверхности опорных коронок, конструкционных особенностей промежуточных и фиксирующих

частей мостовидных и бюгельных протезов, тщательная механическая обработка затруднительна. По нашим данным, механическая обработка ведет к незначительному улучшению физико-механических свойств в процессе последовательных переплавок сплавов по сравнению с материалом, поверхность которых не обрабатывалась. Как показали наши исследования, к более заметному улучшению физико-механических свойств сплавов при многократных переплавах приводит электролитическая полировка поверхностей. Однако электролитическая полировка требует наличия специального оборудования и помещения, что не всегда возможно в условиях зубопротезной лаборатории. Поэтому для дальнейших исследований мы выбрали электрохимическую полировку поверхностей переплавленных сплавов как более экономически выгодную.

Литература

1. Исследование структуры литого сплава CoCrMo / В. И. Доценко, Е. Н. Чайка, И. С. Брауде [и др.] // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2002. – № 1. – С. 113-125.
2. Доценко В. И. Влияние последовательных переплавов на структуру и физико-механические свойства сплава Remanium GM-700 / В. И. Доценко, Е. Н. Чайка // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2003. – № 3. – С. 297-306.
3. Чайка Е. Н. Влияние механической обработки поверхности переплавляемого материала на физико-механические свойства сплава Remanium GM-700 и Remanium CSe / Е. Н. Чайка // *Вопросы атомной науки и техники. Сер. Вакуум, чистые металлы и сверхпроводники*. – 2005. – № 7. – С. 124-126.
4. Суров И. А. Протезирование на имплантатах / И. А. Суров. – М.: Медицина, 1993. – 256 с.
5. Боярская Ю. С. Физика процессов металлов микроиндентирования / Ю. С. Боярская, Д. З. Грабко, М. С. Кац. – Кичинев: Штиница, 1986. – 159 с.
6. Бернштейн М. Л. Структура и механические свойства металлов / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский. – М.: Металлургия, 1970. – 259 с.

Стаття надійшла
3.05.2012 р.

Резюме

Проведено комплексне вивчення фізико-механічних властивостей фірмового та литого після 6 послідовних переплавів сплавів «Remanium GM-700» і «Remanium CSe» систем Co-Cr-Mo і Ni-Cr-Mo, які використовуються в стоматологічній практиці. Усі поверхні матеріалу, який переплавляється, були додатково поліровані. Установлено, що можна досягти помітного покращення фізико-механічних характеристик багаторазово переплавлених зразків електролітичною обробкою поверхні матеріалу, що переплавляється.

Ключові слова: стоматологічні сплави, рециркуляція, фізико-механічні характеристики, електролітична обробка поверхні.

Резюме

Проведено комплексне вивчення фізико-механічних властивостей фірмового та литого після 6 послідовних переплавів сплавів «Remanium GM-700» і «Remanium CSe» систем Co-Cr-Mo і Ni-Cr-Mo, які використовуються в стоматологічній практиці. Усі поверхні матеріалу, який переплавляється, були додатково поліровані. Установлено, що можна досягти помітного покращення фізико-механічних характеристик багаторазово переплавлених зразків електролітичною обробкою поверхні матеріалу, що переплавляється.

Ключові слова: стоматологічні сплави, рециркуляція, фізико-механічні характеристики, електролітична обробка поверхні.

Summary

Complex analysis of physical and mechanical properties of firm and molten alloys Remanium GM-700 and Remanium CSe of systems Co-Cr-Mo and Ni-Cr-Mo after 6 series of remelting was conducted. All the surfaces of remelted material subjected to additional polish. Significant improvement of physical and mechanical properties of multiply remelted models can be achieved due to electrolytic processing of the surface of remelted material.

Key words: dental alloys, recirculation, physical and mechanical properties, electrolytic surface processing.