

УДК 616.314 - 089.32



## К ВОПРОСУ О РЕЦИРКУЛЯЦИИ ЛИТЕЙНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

### I. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА REMANIUM GM 700 ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛАВАХ

Українська  
медичинська  
стоматологічна  
академія,  
г. Полтава

Кундій В.Д.

Литье - наиболее широко используемый в настоящее время метод создания металлических конструкций

денальных протезов в ортопедической стоматологии [1, 2]. Это обусловлено тем, что штамповано-паяные конструкции обладают рядом существенных недостатков как технологического, так и клинического характера [3, 4]. Один из важных преимуществ литья как метода - возможность получения монолитной конструкции, которая является исключительно точной копией модели. Отмеченное обстоятельство, с одной стороны, обеспечивает ее высокую конструкционную прочность, а с другой - сводит к минимуму процедуру дальнейшей технологической обработки протеза [5]. Последнее обуславливает существенное снижение потерь используемого сплава на механическую обработку, что представляется немаловажным, так как стоимость многих стоматологических сплавов весьма высока. Вместе с тем, процесс отливки неизбежно сопряжен с появлением большого количества неиспользованного переплавленного материала (достаточно протяженные литниковые ходы, некоторый запас материала в тигле, брак при литье и т.д.). По нашим оценкам, доля такого не использованного материала может достигать 50%. Отмеченные обстоятельства приводят к тому, что возникает проблема рециркуляции (повторного использования) литейных стоматологических сплавов, решение которой позволило бы снизить стоимость протезов. В литературе ранее уже обращалось внимание на существование указанной проблемы [6] и были сделаны первые попытки ее изучения [7, 8], однако каких-либо систематических результатов к настоящему времени получено не было. В этой связи нами предпринята попытка систематического комплексного исследования механических свойств и структуры Co-Cr-Mo 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 Co - 61%, Cr - 25%, Mo - 7%, остальные - Mn, C, Si. Плотность сплава 8,2103 кг/м<sup>3</sup>, условный предел текучести  $\sigma_{0,2} = 740$  МПа, предел прочности на растяжение  $\sigma_{пр.} = 960$  МПа, максимальная деформация при растяжении  $\Sigma_{max} = 4\%$ , модуль упругости  $E = 230$  ГПа.

Для проведения механических испытаний исходный сплав подвергался последовательному шестикратному переплаву по режиму, указанному фирмой-изготовителем. Температура расплава 1410(С, время выдержки 10 минут. После этого расплав переливался в изложницы из матери-

ала Castorit-SuperC и охлаждался естественным образом до комнатной температуры.

При каждом переплаве изготавливались три типа образцов.

1. Образец для исследования микротвердости в виде плоско параллельной пластинки размером 10x10x2 мм<sup>3</sup>.
2. Образец для измерения модуля упругости в виде цилиндра длиной 36 мм и диаметром 3 мм.
3. 10 образцов для растяжения в виде двухсторонних лопаточек с размером рабочей части 0,4x5x25 мм<sup>3</sup>.

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

Измерение модуля упругости проводили акустическим методом двойного составного вибратора на резонансной частоте 73 кГц при амплитуде звуковой волны  $\Sigma_0 \cdot 10^{-7}$ .

Деформационные кривые на растяжении регистрировались на деформационной машине МРК-1 при скорости деформации 0,2 мм/мин. По полученным кривым определяли условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , предел прочности  $\sigma_{пр.}$  и максимальную деформацию до разрушения  $\Sigma_{max}$ .

#### Результаты и их обсуждение

##### 1. Микротвердость.

В таблице 1 представлены усредненные по 20 точкам результаты измерения микротвердости изученного сплава как в состоянии поставки, так и после каждого из шести последовательных переплавок при различных нагрузках на индентор.

Следует отметить, что с увеличением числа переплавок заметно увеличивается разброс данных, что свидетельствует об увеличении степени неоднородности образцов.

Анализ приведенной таблицы выявляет две тенденции: первая - снижение микротвердости с увеличением нагрузки на индентор, что является типичным результатом для всех материалов [2], и вторая (более ярко выраженная) - снижение микротвердости по мере последовательных переплавок. Последний результат свидетельствует о неуклонном снижении прочностных характеристик сплава с увеличением количества переплавок, однако, количественные данные остаются на приемлемом уровне даже после шестого переплава.

##### 2. Модуль упругости.

В таблице 2 приведены измеренные 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 переплавок и соответствует паспортным данным для исходного сплава.



Таблиця 1

Микротвердість (Hv, ГПа) сплава Remanium GM 700 при різних навантаженнях

Образец \ Нагрузки	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

Таблиця 2

Модуль епругості сплава Remanium GM 700 (E, ГПа) Паспортні дані

Паспортні дані	I пере-плав	II пере-плав	III пере-плав	IV пере-плав	V пере-плав	VI пере-плав
230	231	234	220	215	220	223

3. Механічні властивості на розтягнення.

Деформаційні криві всіх досліджуваних образців, як правило, мають стандартний вид - лінійний епругийний ділянку, після якого спостерігається плавний перехід до параболического зміцнення (рис. 1а). На зображенні показані параметри, які визначаються з деформаційної кривої ( $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_{пр}$ ,  $\Sigma_{max}$ ). Найбільш суттєві відмінності від паспортних даних спостерігаються в величині максимальної деформації до руйнування - в досліджуваних нами зразках  $\Sigma_{max}$  не перевищало 1%, в той час як фірма-виробник гарантує цю величину на рівні 4%. Що стосується величин  $\sigma_{0,2}$  і  $\sigma_{пр}$ , то, по крайній мірі, для початкових переплавів спостерігається хороше співвідношення виміряних і паспортних даних.

Разом з тим після багаторазових переплавів спостерігається і інший тип де-

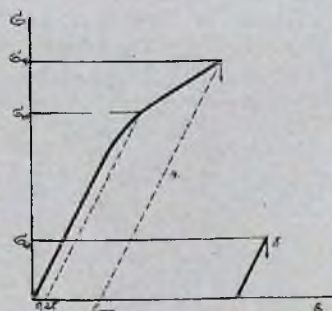


Рис. 1. Два типи деформаційних кривих при розтягненні сплаву Remanium GM 700

формаційних кривих (рис. 1б), який характеризується значно більш раннім руйнуванням безпосередньо в області епругості деформації, що свідчить про хрупкий характер руйнування. Подальше підтверджується також і зовнішнім видом поверхності руйнування. При цьому межа

прочності таких образців  $\sigma_{хр}$  може бути в декількох разів нижче, ніж межа прочності для кривих першого типу  $\sigma_{пр}$ . Особливий інтерес представляє співвідношення між вказаними типами деформаційних кривих і характером руйнування - якщо для початкових переплавів характерен тільки перший тип кривих, то, починаючи з третього переплаву, з'являється і другий тип, причому до шостого переплаву він починає переобладати. На рис. 2 представлена гістограма розподілу деформаційних кривих по типам для шести послідовних переплавів, яка наочно демонструє зазначене обставина (напам'ятаємо, що випробувалося по 10 образців після кожного переплаву).

На рис. 3 представлені дані про умовну межу текучості  $\sigma_{0,2}$  для образців, які виявляють деформаційні криві першого типу. Видно, що  $\sigma_{0,2}$  в межах розкиду експериментальних даних не залежить від кількості переплавів і непогано відповідає паспортному значенню 740 МПа. Межа прочності  $\sigma_{пр}$  (рис. 4) має тенденцію до зменшення з збільшенням числа переплавів і не досягає паспортного значення 960 МПа, що пов'язано, в першу чергу, з вказаним вище помітним зниженням максимальної деформації до руйнування (зразки просто не встигають досягти відповідної навантаження).

На рис. 4 представлені також дані про величину  $\sigma_{хр}$  (для кривих другого типу), які свідчать про катастрофічне зниження прочності цих образців.

**Висновок.**

Представлені результати комплексного дослідження механічних характеристик стоматологічного литого сплаву Remanium GM700 свідчать про тенденцію деякого зниження цих характеристик по мірі



Рис. 2. Распределение образцов по типам разрушения при последовательных переплавах сплава Remanium GM 700. 1, 2, 3, 4, 5, 6 - количество переплавов.



Рис. 3. Условный предел текучести сплава Remanium GM 700 при последовательных переплавах. ТУ - предел текучести сплава согласно паспорта; 1, 2, 3, 4, 5, 6 - количество переплавов.



Рис. 4. Предел прочности и напряжение хрупкого разрушения сплава Remanium GM 700 при последовательных переплавах. ТУ - предел прочности сплава согласно паспорта; 1, 2, 3, 4, 5, 6 - количество переплавов

увеличения числа переплавов. Вместе с тем некоторые образцы после третьего переплава и далее обнаруживают хрупкое поведение с катастрофическим уменьшением 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 ис-

кать в изменении структуры сплава при переплаве, результаты исследования которой будут представлены в следующей работе.

**Литература**

1. Драпал Станислав. Литейные свойства дентальных металлов // Новый стоматолог для зубных техников. - 2000. - № 1. - С. 34.
2. Копейкин В.Н., Лебедь И.Ю., Анисимова С.В. Современные принципы разработки и внедрения новых конструкций материалов для стоматологии // Новое в стоматологии. - 1998. - № 1. - С. 19-24.
3. Онищенко В.С. Неперепосимість сплавів зубних протезів (клініко-лабораторні дослідження): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.22. - К., 1995. - 42 с.
4. Mutter A.W.J., Maessen F.J., Davidson C.G. The corrosion rates of five dental Ni-Cr-Mo alloys determined by chemical analysis of potentiostatic // De-Aeration method corrosion scheme. - 1990. - Vol. 30. - P. 6-7.
5. Доленко Б.А. Клинико-технологические особенности изготовления цельнолитых мостовидных протезов: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21. - Полтава, 1992. - 16 с.
6. Омельчук М.А. Розробка та клініко-експериментальне обґрунтування нових кобальто-хромових сплавів «Пластокрист» та «Керадент» в ортопедичній стоматології: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.22. - К., 1997. - 33 с.
7. De Melo J.F., Gierlet N.R., Erichsen E.S. The effect of abrasion on corrosion of dental Co-Cr alloys // Acta odontol. Scand. - 1985. - Vol. 43. - № 2. - P. 69-73.
8. Kratzenstein B., Gers-Gerstorfers, Weber H. Wicelervergieben von NEM Legierungen Untersuchungen an Korrosionsbestandigbert // Dent. Labor. - 1988. - Bd. 36. - № 5. - S. 613-614.

Стаття надійшла  
20 вересня 2001 року.

**Резюме**

Подані результати комплексного дослідження механічних характеристик стоматологічного дентального сплаву Remanium GM 700 свідчать про тенденцію деякого зниження цих характеристик у міру збільшення числа переплавів.

Причини вказаного слід шукати в зміні структури внаслідок переплаву. Результати цих досліджень будуть представлені в наступній роботі.

**Summary**

The given results of the integrated research of mechanical characteristics of dental fusion Remanium GM 700 demonstrated the tendency to reduction of these characteristics while increasing the number of remeltings. The possible cause of this is the change of the structure of the remelting. The results of this research will be demonstrated in the next work.

