

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
52642—  
2006

---

## ИМПЛАНТАТЫ ДЛЯ ХИРУРГИИ

Метод определения радикалообразующей  
активности частиц износа имплантируемых  
материалов

Издание официальное

БЗ 12—2006/345



Москва  
Стандартинформ  
2007

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

### Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники» (АНО «ВНИИИМТ») и Федеральным государственным учреждением «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 453 «Имплантаты в хирургии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2006 г. № 406-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

© Стандартинформ, 2007

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область распространения . . . . .	1
2 Нормативные ссылки . . . . .	1
3 Принцип метода . . . . .	1
4 Оборудование, реактивы, материалы . . . . .	2
4.1 Оборудование . . . . .	2
4.2 Реактивы, материалы . . . . .	3
5 Метод определения . . . . .	3
5.1 Подготовка материалов и оборудования . . . . .	3
5.2 Проведение измерений . . . . .	3
6 Обработка результатов . . . . .	4
Приложение А (справочное) Радикалообразующая активность ортопедических материалов . . . . .	5

## Введение

В связи с развитием материаловедения увеличивается применение различных материалов в травматологии и ортопедии, поэтому всестороннее изучение их взаимодействия с биологическими тканями является актуальной задачей. Взаимодействие материалов с тканевой средой может привести к коррозии материалов, появлению их частиц в окружающих тканях и удаленных органах. Поэтому необходимо изучать свойства частиц, образующихся при механическом изнашивании материалов, например в узлах трения эндопротезов, при костном остеосинтезе и в других случаях. В условиях высоких давлений и температур, возникающих при соударении микронеровностей трущихся частей, может произойти разрыв химических связей и образование свободных радикалов на свежесформированной поверхности и частицах износа материалов. Способность частиц износа имплантируемых материалов инициировать образование токсичных радикалов кислорода и их воздействие на биологические ткани является важным фактором при использовании имплантатов. Эффективный отбор и создание перспективных и безопасных имплантируемых материалов требует применения методов, позволяющих адекватно и надежно оценить их радикалообразующую способность.

## ИМПЛАНТАТЫ ДЛЯ ХИРУРГИИ

Метод определения радикалообразующей активности частиц  
износа имплантируемых материалов

Implants for surgery.

Method for determination of the radical-formation activity of wear particles of orthopedic materials

Дата введения — 2008—01—01

## 1 Область распространения

Настоящий стандарт устанавливает метод определения окислительных свойств частиц износа имплантируемых материалов, в том числе ортопедических материалов, используемых для изготовления эндопротезов суставов человека.

Стандарт предназначен для применения при проведении количественного анализа радикалообразующей способности частиц износа имплантируемых материалов по скорости инициирования ими окисления кумола в диапазоне от  $10^{-11}$  до  $10^{-7}$  моль/л·с.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5072—79 Секундомеры механические. Технические условия

ГОСТ 6709—72 Реактивы. Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 7995—80 Краны соединительные стеклянные. Технические условия

ГОСТ 29227—91 (ИСО 835-1—81) Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные.

Часть 1. Общие требования

ГОСТ 24104—2001 Весы лабораторные. Общие технические требования

**П р и м е ч а н и е** — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Принцип метода

Радикалообразующую способность частиц износа ортопедических материалов оценивают по скорости инициирования ими окисления изопропилбензола (кумола), которое происходит по цепному свободнорадикальному механизму. Метод заключается в определении зависимости поглощенного молекулярного кислорода от времени процесса окисления кумола, инициированного частицами материалов. По данному методу интенсивность реакции окисления кумола определяют в соответствии с

радикалообразующей способностью частиц износа анализируемого материала. Частицы износа вызывают только зарождение цепей окисления. Обрыв цепей окисления происходит в результате взаимодействия радикалов между собой (квадратичный обрыв цепей). В этом случае скорость реакции окисления (поглощения кислорода)  $W$ , моль/л·с, и скорость инициирования радикалов  $W_i$ , моль/л·с, связаны соотношением

$$W = W_i^{1/2} K_3 / K_5^{1/2} [RH], \quad (1)$$

следовательно  $W_i$  определяют по следующей формуле

$$W_i = W^2 K_5 / K_3^2 [RH]^2, \quad (2)$$

где  $K_3$  и  $K_5$  — константы скоростей продолжения и обрыва цепей реакции окисления кумола соответственно;

$[RH]$  — концентрация кумола, моль/л.

Константы скоростей  $K_3$  и  $K_5$  для кумола равны  $1,75 \cdot 10^5$  л/моль·с;  $1,84 \cdot 10^5$  л/моль·с соответственно, а концентрация кумола  $[RH]$  — 6,9 моль/л.

Экспериментально определив скорость поглощения кислорода  $W$  по формуле (2) вычисляют радикалообразующую способность (скорость инициирования)  $W_i$  частиц износа анализируемых материалов в кумоле.

Отношение квадратов скоростей реакции окисления для частиц различных материалов равно отношению их скоростей инициирования:

$$W_1^2 / W_2^2 = W_{i1} / W_{i2}. \quad (3)$$

Определив скорость окисления кумола, инициируемую различными частицами износа, с помощью этого соотношения можно также определить относительную радикалообразующую активность различных имплантируемых материалов.

## 4 Оборудование, реактивы, материалы

### 4.1 Оборудование

Жидкостный циркуляционный термостат с пределом регулирования от 0 °С до 100 °С со стабильностью регулирования температуры не ниже  $\pm 0,02$  °С.

Жидкостный циркуляционный термостат с пределом регулирования от 0 °С до 50 °С со стабильностью регулирования температуры не ниже  $\pm 0,02$  °С.

Термостатируемая жидкость — дистиллированная вода по ГОСТ 6709.

Трехходовый кран по ГОСТ 7995.

Измерительные пипетки вместимостью 2 или 5 мл по ГОСТ 29227.

Секундомер по ГОСТ 5072.

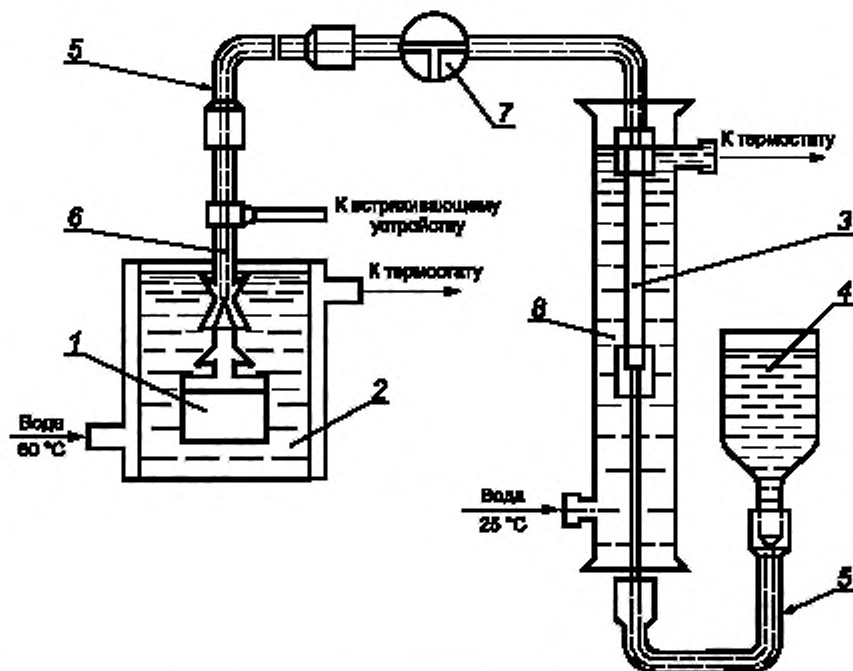
Лабораторные весы по ГОСТ 24104.

Встряхивающее устройство с частотой встряхивания 2—10 циклов в секунду.

Реакционный сосуд с герметично закрывающейся горловиной вместимостью 5—12 см<sup>3</sup>.

Газометрическая установка (рисунок 1).

Установка состоит из реакционного сосуда 1 вместимостью 5—12 см<sup>3</sup>, погружаемого при анализе в термостат 2. Термостатируемой жидкостью служит дистиллированная вода температурой 60 °С. Измерительную бюретку 3 термостатируют при 25 °С и соединяют с заполненным подкрашенной водой уравнительным сосудом 4 с помощью резиновой капиллярной трубки 5. Реакционный сосуд 1 соединен со стеклянным капилляром 6 и через резиновую капиллярную трубку 5 с трехходовым краном 7, предназначенным для заполнения атмосферным воздухом бюретки 3, окруженной термостатирующей рубашкой 8.



1 — реакционный сосуд; 2 — термостат; 3 — измерительная бюретка; 4 — уравнительный сосуд с подкрашенной водой;  
5 — резиновая трубка; 6 — стеклянный капилляр; 7 — трехходовой кран; 8 — термостатирующая рубашка

Рисунок 1 — Газометрическая установка

#### 4.2 Реактивы, материалы

Изопропилбензол (кумол) квалификации «Чистые вещества для хроматографии» используется без дополнительной очистки.

Искусственные частицы износа материалов с размером частиц от 100 до 600 нм, полученные при сухом трении образцов испытываемых материалов.

Вакуумная смазка.

### 5 Метод определения

#### 5.1 Подготовка материалов и оборудования

Устанавливают режим работы термостата с реакционным сосудом при температуре 60 °С. В термостате для термостатирования измерительной бюретки 3 поддерживают температуру 25 °С. Точность термостатирования реакционного сосуда и бюретки должна быть  $\pm 0,02$  °С. В реакционный сосуд измерительной пипеткой вносят 2 мл кумола и навеску частиц износа испытываемого материала, равную 1 мг. Реакционный сосуд с помощью шлифа на вакуумной смазке соединяют со стеклянным капилляром. Измерительную бюретку и реакционный сосуд с помощью трехходового крана соединяют между собой и атмосферой.

#### 5.2 Проведение измерений

Реакционный сосуд со смесью кумола и частиц испытываемого материала и часть стеклянного капилляра помещают в термостат, в котором установлена необходимая температура воды, и включают секундомер. Сосуд встряхивают с частотой 3—4 цикла в секунду для насыщения смеси кумола и частиц кислородом. Через 2 мин прогрева реакционного сосуда перекрывают с помощью трехходового крана сообщение бюретки и реакционного сосуда с атмосферой, оставляя их соединенными между собой. Выравнивают уровни жидкости в бюретке и уравнительном сосуде 4 и начинают измерение поглощения

кислорода. При поглощении в измерительной бюретке определенного объема кислорода ( $20\text{—}50\text{ мм}^3$ ) выравнивают уровни жидкости в бюретке и уравнительном сосуде и фиксируют время. Измерение продолжают, фиксируя время следующих поглощений таких же объемов воздуха. Продолжительность измерения должна быть от 10 до 30 мин в зависимости от интенсивности поглощения кислорода.

## 6 Обработка результатов

Скорость движения жидкости в бюретке пропорциональна скорости поглощения кислорода кумолом. Измеряя время и объем поглощенного кислорода, строят график зависимости количества поглощенного кислорода от времени. Если скорость окисления постоянна, то определяемая зависимость будет представлять собой прямую линию. Скорость окисления кумола в любой момент времени определяют по отношению объема поглощенного кислорода и продолжительности измерения к данному моменту времени. Определяемую по этому методу скорость реакции выражают в кубических миллиметрах в минуту или в единицах моль/л с помощью коэффициента

$$1\text{ мм}^3/\text{мин} = 6,81 \cdot 10^{-7}/V_0\text{ моль/л},$$

где  $V_0$  — количество реакционной смеси, мл.

Радикалообразующую способность частиц износа рассчитывают как скорость инициирования ими окисления кумола по формуле (2) и выражают в молях на литр в секунду.

Результаты оценки радикалообразующей способности некоторых материалов по данному методу приведены в приложении А.

Приложение А  
(справочное)

Радикалообразующая активность ортопедических материалов

Кинетические кривые поглощения кислорода при окислении кумола в присутствии частиц износа ряда ортопедических материалов изображены на рисунке А.1

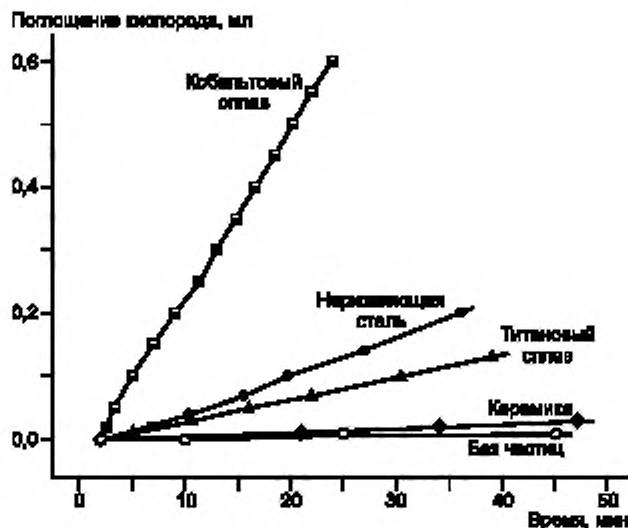


Рисунок А.1 — Кинетика окисления кумола в присутствии различных частиц износа

Согласно графику поглощение кислорода в присутствии частиц износа в течение испытания является постоянным. В то же время скорость поглощения кислорода существенно зависит от материала частиц. Скорость иницирования, вычисленная по формуле (2), и относительная каталитическая способность различных частиц износа при окислении кумола, вычисленная по формуле (3), приведены в таблице А.1.

Т а б л и ц а А.1 — Скорость иницирования и относительная каталитическая способность различных частиц износа

Показатель	Литейный сплав на основе кобальта	Нержавеющая сталь	Сплав на основе титана	Корундовая керамика
$W_i$ , л/с	$3,3 \cdot 10^{-7}$	$5,8 \cdot 10^{-9}$	$6,9 \cdot 10^{-9}$	$6,1 \cdot 10^{-11}$
$W_i/W_i^k$	1,0	0,0176	0,0021	0,0002
П р и м е ч а н и е — $W_i^k$ — скорость иницирования частицами кобальтового сплава в молях на литр в секунду.				

По данным таблицы А.1 видно, что из изученных частиц наиболее активными являются частицы кобальта, значительно менее активны частицы других сплавов, а частицы корундовой керамики практически инертны<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> При определении были использованы частицы износа, полученные на трибометре Optimol SRV путем сухого трения шариков по дискам, изготовленным из соответствующих сплавов, при нагрузке 100 Н · м, амплитуде движений шарика 1,65 мм и частоте движений 10 Гц. Данный способ позволяет получить частицы износа различных сплавов размером 440—560 нм. Частицы износа керамики изготовлены путем раздавливания и измельчения кусочков керамики до размера 200—300 нм на универсальной испытательной машине Zwick-1464.

УДК 616—089.843:006.354

ОКС 11.040.40

P22

ОКП 94 3800

Ключевые слова: ортопедические сплавы, имплантируемые материалы, свободные радикалы, частицы износа, скорость окисления, радикалообразующая активность, скорость иницирования

---

Редактор *Т.А. Леонова*  
Технический редактор *В.Н. Прусакова*  
Корректор *Т.И. Кононенко*  
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 28.03.2007. Подписано в печать 19.04.2007. Формат 60 × 84  $\frac{1}{8}$ . Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,70. Тираж 122 экз. Зак. 335. С 3933.

---

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.  
[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)

Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.

Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Пялин пер., 6.