

Принципиально важным является то, что скорости травления всех частей оксидно-ванадиевого резиста были существенно ниже, чем для Si или SiO<sub>2</sub>, что позволяет проводить эффективное сухое травление полупроводниковых подложек через резистивную маску.

Химическое травление не используется для изготовления микроструктур субмикронного масштаба по причине низкой анизотропии процесса. Для увеличения анизотропии процесса мы изучили различные варианты электрохимического анодного травления. Выяснилось, что важными параметрами при электрохимическом травлении являются состав электролита, плотность тока, температура электролита и скорость его перемешивания. Достаточно оптимальным химическим травителем оказалась композиция на основе 40 %-ого раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в этаноле. Его использование позволило осуществить травление исходного оксида и ванадиевой пленки вплоть до кремния, при этом экспонированная оксидная часть рисунка осталась нетронутой.

Дальнейшее совершенствование процесса травления заключалась в переводе электрохимической процедуры в наносекундный диапазон времени. Применение регулируемого по амплитуде, длительности и скважности генератора наносекундных импульсов позволило реализовать эффективный процесс проявления многослойного резиста на основе оксида ванадия. Данный метод травления обладал высокой селективностью, при котором проявляются рисунки с очень малыми дозами экспонирования (при дозах 20 мкКл/см<sup>2</sup> были проявлены линии резиста с разрешением меньше 100 нм).

### МИНЕРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ПОЗВОНОЧНИКА В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

Турилина Е.В.

*Государственное учреждение Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г.А.Илизарова,  
Курган*

Измерения минеральной плотности (МП) поясничного отдела позвоночника провели на костном денситометре фирмы «GE /Lunar» (США) У 6000 здоровых людях в возрасте от 21 до 80 лет.

**Женщины.** В процессе обследования установлено, что суммарное количество минералов во втором позвонке больше первого на 16%, в третьем больше, чем во втором на 14% и в четвертом по сравнению с третьим - на 9%. Первые признаки увеличения ширины первого позвонка наблюдаются в 31-35 лет, второго, третьего и четвертого - 41-45 лет. Наибольшее увеличение ширины происходит после 60 лет. Высота в первом позвонке начинает уменьшаться в 41-45 лет, во втором - 61-65 лет, третьего в 66-70, четвертого - 41-45 лет.

Фирма GE/Lunar, производитель денситометров, считает необходимым проводить соответствующие расчеты в нижеследующих сочетаниях позвонков: L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub>, L<sub>1</sub>-L<sub>3</sub>, L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>, L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub>, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub>.

L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub>. В таком сочетании позвоночник исследуется чаще всего. Поэтому приводим достаточно полное описание полученных результатов. Наибольшее количество минералов было в возрасте 21-25 лет. В последующие годы - до 45 лет изменений не отмечено. Первые сдвиги появлялись в возрастной группе 46-50 лет. В 51-55 лет суммарное количество минералов в L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub> составило 46,343±7,355 г, Т-критерий составил -1,5SD (85% от пиковой массы), а МП оказалась равной 1,101±0,157 г/см<sup>2</sup>. Эти данные свидетельствуют о наличии остеопении. С 56 лет и до 60 отмечали дальнейшее снижение количества минералов до 44,344±7,108 г, Т-критерий -2,0SD (80% от пиковой массы), МП до 1,058±0,144 г/см<sup>2</sup>. В 61-70 лет происходит дальнейшее существенное снижение МП. В 71-75 лет Т-критерий равен -2,5SD. В 76-80 -2,6SD при плотности - 0,995±0,151 г/см<sup>2</sup>. Эти величины указывают на развитие остеопороза, то есть деминерализация происходит и в кортикальной кости.

#### Мужчины.

L<sub>1</sub>. Снижение суммарного количества минералов (на 2%) выявлено впервые в 61-65 лет. В дальнейшем медленно снижалось. Плотность минералов в целом по позвонку в 80 лет снижена на 15%.

L<sub>2</sub>. Суммарная величина минералов достоверно уменьшалась в 61-65 лет. В 66-70 была уменьшена на 11%, в 76-80 лет - на 16%..

L<sub>3</sub>. Достоверное увеличение ширины на 5,9% обнаружено в 56-60 лет. В 76-80 лет позвонки шире на 9,8% (за счет разрастания надкостницы). Высота в 71-75 лет была уменьшена на 6%, а в 76-80 лет - на 8%. Площадь в 66-70 лет увеличена на 1%, в 71-75 - на 2%, в 76-80 лет - на 5%. Суммарное количество минералов начинало снижаться в 61-65 лет на 10%. В 71-75 лет процент снижения составлял 14%, в 76-80 лет - 19%.

L<sub>4</sub>. У мужчин количество минеральных веществ в позвоночнике не изменялось до 55 лет. В 56-60 лет уменьшалось до 56,300±5,382 г (пиковая масса в возрасте 21-25 лет - 61,868±5,538 г). Т-критерий -0,7SD, то есть количество минералов в позвонках снижено на 7%. В 66-70 лет Т-критерий был равен -1,3, в 71-75 - -1,6 и в 76-80 лет - 2,0 SD.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 04-07-96030.

### ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМУЩЕННЫХ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В АТМОСФЕРЕ

Удалой В.А., Соколов Н.Л.

*Центр управления полетами и моделирования,  
Центрального научно-исследовательского  
института машиностроения,  
Королев*

При движении КА в атмосфере точный учет внешних возмущающих сил затруднителен, так как они либо неизвестны, либо имеют сложный характер. К таким внешним воздействиям можно отнести вариации плотности атмосферы, ветер, турбулентное

движение воздуха, погрешности обработки управляющих воздействий и измерений и т. д. Указанные обстоятельства приводят к рассмотрению задачи движения КА в условиях неопределенности.

В работе исследуется проблема использования непрерывных марковских процессов для получения статистических характеристик параметров движения спускаемого аппарата без проведения массовых расчетов возмущенных траекторий, что позволит существенно сократить машинное время для получения количественных оценок точности посадки КА. Предложен стохастический метод исследований траекторий движения КА.

Проведенный сравнительный анализ результатов, полученных с помощью предлагаемого метода и с применением известных методов численного интегрирования показал, что погрешности вычислений, полученных с использованием предлагаемого метода не превышают 5%.

Таким образом, показана принципиальная возможность использования предложенного метода для анализа возмущенных траекторий движения КА в атмосфере. Окончательное заключение об эффективности метода по сравнению с известными может быть сделано после его апробирования при решении задач с учетом определения статистических характеристик случайного процесса посредством обработки реальной измерительной информации.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ В СИСТЕМЕ ШЛАК-МЕТАЛЛ В ДУГОВОЙ ПЕЧИ

Федина В.В., Конарев А.В., Плеханов Р.В.

*Старооскольский технологический  
институт (ф) МИСиС,  
Старый Оскол*

Во время кипения сталеплавильной ванны наблюдается двухфазная область [1], состоящая из взвеси капелек металла различной величины в шлаке и капелек шлака в металле [2]. Эта переходная зона фаз шлак-металл определяет [3] не только эффект обезуглероживания ванны, её нагрев, но и влияет на производительность печи, так как уменьшение размера переходной зоны снижает потери металла со спускаемым шлаком и ведёт к снижению загрязнения металла капельками шлака [3, 4].

В связи с этим на 150-тонной дуговой печи в условиях ЭСПЦ ОАО «ОЭМК» были проведены исследования с целью определения величины этой двухфазной области на границе шлака и металла в течение окислительно-восстановительного периода электроплавки железорудных металлизированных окатышей (ЖМО).

Общую толщину шлакового покрова в ванне 150-т. ДСП определяли с помощью стальной штанги, загнутой на конце под углом 90° в десяти опытных плавках. Для определения состояния переходной зоны этим устройством отбирали одновременно три пробы шлака по его толщине. Затем на лабораторных весах взвешивали полученные пробы и определяли массу

чистого металла («корольков») в навеске шлака. При этом достаточно чётко можно было выделить три зоны: в верхнем слое процент металла в навеске составлял до 3,3%; в среднем слое от 3,3% до 4,6%; в нижнем слое до 7% при толщине шлака 480–550 мм, что соответствует массе металла в ванне 90–100 т. При массе металла 120–130 т толщина шлака менялась в пределах 300–350 мм. Масса металла в навеске составляла 1,3–3% для верхнего слоя; 3,3–4% для среднего; 4,6–6% для нижнего.

Аналогичная картина наблюдается и для относительного количества корольков в пробах шлака весом 150г, отобранных по ходу процесса на трех опытных плавках. Сравнительный анализ данных показывает, что в случае применения ТКГ в верхних слоях шлака содержание корольков несколько ниже и очевидно этот факт вызван более интенсивным перемешиванием шлака газовыми струями ТКГ в ванне.

Анализ структуры проб шлака, отобранных по толщине шлакового покрова ванны с помощью специального устройства, показал наличие трех зон: относительно чистый шлак с небольшим содержанием корольков металла диаметром 0.3–0.5 мм и этот слой размером 100–150 мм можно считать «псевдоспокойным»; переходный слой размером более 200 мм начинающийся с небольших частиц металла в шлаке диаметром около 0.6–0.8 мм и заканчивающийся конгломератами, состоящими из нескольких частиц, т.е. слипшимися корольками металла и крупными ошлакованными включениями металла до 3–5 мм; наконец, чистый металл с небольшим количеством мелких вкраплений шлака диаметром 0.1–0.5 мм.

Таким образом, двухфазная переходная зона шлак-металл представляет собой систему, состоящую из взвеси капелек (корольков) металла различной величины в шлаке и капелек шлака в жидком металле. Из полученных данных также следует, что величина переходного слоя шлак-металл и уровень насыщения шлака корольками определяется скоростью обезуглероживания ванны ( $V_C$ , % [C]/мин). Причем при малых значениях толщины шлака относительная масса корольков в нем существенно возрастает с увеличением  $V_C$ , т.е. при более высоких значениях кипения ванны в конце электроплавки ЖМО.

Анализируя приведенные опытные данные можно сделать вывод о том, что величина переходной зоны шлак-металл тем больше, чем больше мощность перемешивания ванны, т.к. последняя в значительной степени определяется [4] скоростью процесса окисления углерода в ванне ДСП. При расположении фронта обезуглероживания вблизи границы шлак-металл наблюдалось более интенсивное вспенивание шлака [5], за счёт образования большого количества мелких газовых пузырей СО вблизи границы раздела шлак-металл. Следовательно, наблюдаемое интенсивное вспенивание шлака в первые периоды электроплавки ЖМО в 150-т ДСП при температуре металла менее 1550 °С, а шлака около 1650 °С объясняется тем обстоятельством, что окатыши плавятся преимущественно в объеме переходной зоны шлака и металла при малых значениях  $V_C$  с образованием [5, 6] пены (скопление мелких пузырей СО и СО<sub>2</sub>) вблизи поверхности раздела фаз шлак-металл, т.е. полагаем, что пена