

ботки, взаимозаменяемость деталей, сокращается время изготовления.

Проблемой, над которой работают специалисты «Атоммаша» и НПО ЦНИИТМАШ, является механизация и автоматизация операций зачистки и шлифования внутренних и наружных поверхностей корпуса реактора и другого корпусного оборудования в процессе изготовления.

Контроль. Система управления качеством

Общая продолжительность контрольных операций при изготовлении реакторного оборудования АЭС составляет 13,9% общего времени. При полном развитии «Атоммаша» контролироваться будет свыше 100 тыс. т металла. Объем выполняемого контроля в связи с ужесточением требований к надежности и безопасности АЭС имеет тенденцию к увеличению.

На конференции контролю и качеству было уделено большое внимание — сделано восемь сообщений представителями «Атоммаша», НПО ЦНИИТМАШ, Харьковского инженерно-строительного института, НПО «Дальстандарт», МЭИ. Эти же вопросы обсуждались в большинстве пленарных докладов.

Контроль и качество на «Атоммаше» отвечают современным требованиям ядерного класса. На заводе создана и продолжает совершенствоваться лабораторно-испытательная база с использованием разнообразных неразрушающих методов контроля, в том числе рентгеновских установок, линейных ускорителей и другой новейшей аппаратуры. На конференции сообщалось о прогрессивных методах контроля — акустической эмиссии (НПО «Дальстандарт», Харьковский инженерно-строительный институт), репографии (Московский полиграфический институт), ультразвуковом спектральном методе (НПО ЦНИИТМАШ).

В 1979 г. на «Атоммаше» внедрена комплексная система управления качеством продукции и утвержден стандарт предприятия. Предусмотрена автоматизированная система управления производством, базирующаяся на широком использовании электронно-вычислительной техники. Одной из функций этой системы является сбор и накопление в памяти ЭВМ результатов проводимых в процессе изготовления отдельных узлов и деталей испытаний и контрольных операций, начиная с входного контроля. Тем самым в памяти ЭВМ будут накапливаться и храниться в доступной форме исчерпывающие и объективные паспортные данные.

На «Атоммаше» начата работа по аттестации корпуса ВВЭР-1000 на знак качества. Одна из основных задач, которая должна быть решена при аттестации — подтвердить продукцию смежников до уровня технологии атомного машиностроения и «ядерного класса».

Производственные планы «Атоммаша»

В 11 пятилетке «Атоммаш» освоит производство комплексного оборудования реакторного блока с ВВЭР-1000 в составе: реактор, парогенераторы, емкости системы аварийного охлаждения активной зоны, механизмы СУЗ, компенсатор объема, сепаратор, перегрузочное оборудование, внутрикорпусные устройства. В этот период «Атоммаш» поставит семь комплектов для Южно-Украинской, Ростовской, Калининской и других АЭС. В 12 пятилетке будет производиться ежегодно шесть-семь реакторных блоков, а в 1990 г. «Атоммаш» выйдет на проектный уровень изготовления восьми блоков-миллионников ежегодно (Першин В. П.— Социалистическая индустрия, 1981, 30 января).

ОДОЕВСКИЙ М. С.

Всесоюзное совещание по радиационной физике твердого тела

Совещание, проходившее с 24 по 27 февраля 1981 г. в Звенигороде, было организовано АН СССР, ГКАЭ СССР, Научным советом АН СССР по проблеме «Радиационная физика твердого тела», Институтом физики АН ГССР и ХФТИ. В его работе участвовали более 200 специалистов 65 научных и производственных организаций. В 15 пленарных докладах, а также в 180 оригинальных работах были затронуты все разделы радиационной физики. Рассмотрим вопросы радиационного материаловедения, представляющие наибольший интерес для ядерной энергетики.

В программном докладе В. Ф. Зеленского и др. были освещены основные проблемы современного радиационного материаловедения, приведены результаты облучения конструкционных материалов как в реакторах, так и в имитационных экспериментах. При этом отмечена определенная корреляция для распухания и высокотемпературного охрупчивания в этих условиях.

В пленарных докладах рассматривалось влияние облучения на механические свойства металлов (Ш. Ш. Ибрагимов), фазовые превращения (Л. Н. Лариков), структуру поверхности слоев (М. И. Гусева и др.), структуру и свойства сверхпроводящих материалов (И. А. Наскандшивили), нуклеиновых кислот, белков и мембранных (Э. Л. Андроникашвили). Весьма важный аспект — влияние газов на распухание конструкционных материалов — описывался в докладе Ю. В. Конобеева, методы и принципы машинного моделирования процессов образования радиационных дефектов, их миграции и дальнейшей эволюции — в докладе В. Л. Инденбома, В. В. Кирсанова и А. Н. Орлова. Радиационная физика полупроводниковых приборов затрагивалась в докладе В. И. Мордковича, ионных кристаллов — Ч. Б. Лущика.

В дискуссии выступил Ф. Г. Решетников, отметивший необходимость сосредоточения усилий на исследованиях радиационного охрупчивания, ползучести и распухания конструкционных материалов для реакторов на быстрых нейтронах.

Из стендовых докладов хотелось бы отметить группу работ по влиянию облучения ионами гелия (или другими частицами, вызывающими образование гелия в результате ядерных реакций) на структуру тугоплавких металлов (Ш. Ш. Ибрагимов, В. Д. Реутов и др.), высоконикелевого сплава X20H45M4B (С. А. Фабрициев, В. Д. Ярошевич) и графита (Т. Б. Ашрапов, Ю. Ф. Конотоп и др.), а также на изменение механических свойств материалов (Л. С. Ожигов, А. А. Пархоменко и др.). Интересный результат получили С. А. Фабрициев и В. Д. Ярошевич: гелий стабилизирует дислокационную сетку в высоконикелевом сплаве X20H45M4B и его взаимодействие с расщепленными дислокациями облегчает зарождение гелиевых пузырьков в стянутых дислокационных узлах. Замедление скольжения и переползания дислокаций во время отжига и высокотемпературной деформации насыщенных гелием образцов нержавеющих сталей и сплавов, важные для построения механизма высокотемпературного радиационного охрупчивания металлов, обсуждались и ранее (см., например, Агадова Н. П. и др.— Атомная энергия, 1976, т. 45, вып. 5, с. 314), и они нашли дальнейшее развитие в представленных на совещании работах.

Следует отметить значительное продвижение в области проводимых ХФТИ имитационных исследований радиационной ползучести, охрупчивания и распухания конструкционных материалов. Это продвижение достигнуто как путем совместных усилий экспериментаторов и теоре-

иков, так и в результате использования имеющихся ускорителей (ЭСУВИ, УТИ, ВГ-4, ЛУЭ-300 и др.).

На совещании были широко представлены работы по исследованию радиационных дефектов в ионных кристаллах (Институт физики АН Эст. ССР, ИК АН СССР, Институт физики АН ГССР) и по ионному и ядерному легированию полупроводников (МИФИ, Институт физики АН УССР, Белорусский ГУ, НИИЯФ МГУ).

Из большого числа теоретических работ, посвященных перечисленным проблемам, остановимся лишь на нескольких, представляющих несомненный интерес.

В докладе «О кинетических уравнениях диффузионных процессов в материале под облучением» В. В. Слезовым и В. И. Дубинко проанализирован весьма важный в теории распухания и неоднократно обсуждавшийся ранее (см., например, Слезов В. В. — Укр. физ. журн., 1968, т. 13, № 9, с. 1505; Nichds F. — J. Nucl. Mat., 1978, v. 75, p. 32) вопрос об определении диффузионных потоков точечных дефектов к отдельному макроскопическому дефекту — поре или краевой дислокации с учетом взаимодействия с последней. Авторами показано, что облучение не влияет на вид выражения для скорости роста макроскопических дефектов и должно учитываться лишь при нахождении средней концентрации точечных дефектов. На основе этого результата с учетом процессов рекомбинации точечных дефектов, внешнего давления и рождения атомов газа в результате облучения составлена система уравнений, позволяющая рассмотреть процессы радиационной ползучести и распухания.

П. А. Березняк, Н. М. Кириюхин и В. И. Рябухин в докладе «Влияние радиационного отжига дислокационной структуры холодно-деформированных металлов на процессы распухания и радиационной ползучести» предложили простую модель, согласно которой две близко расположенные дислокации являются нейтральным стоком. Эта модель позволяет дать удовлетворительное объяснение некоторым экспериментальным данным, в частности, существованию «инкубационного» периода распухания. Н. А. Голубевым и Э. А. Коноваловым был представлен доклад об особенностях образования дислокационных петель при облучении пульсирующим сильноточечным лучом со скважностью $\sim 10^2$. Если усредненная скорость создания точечных дефектов при этом приблизительно

совпадала с наблюдаемой при облучении в реакторе, то скорость зарождения дислокационных петель оказалась примерно в 10 раз выше.

В настоящее время есть экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что при определенных условиях поры в процессе облучения достигают некоторого установившегося размера, после чего перестают увеличиваться, но при этом происходит непрерывное зарождение новых. Эти данные не находят объяснения в рамках имеющихся представлений, согласно которым дислокации служат преимущественным стоком для межзеленных атомов, а поры являются нейтральным стоком и одинаково поглощают как межзеленные атомы, так и вакансии. В докладе З. К. Саралидзе «Стабилизация размеров пор и насыщение распухания» развитие пористости в процессе облучения рассмотрено на основе дополнительного нового предположения о роли пор как преимущественных стоков для вакансий. В рамках построенной модели автор показал, что в областях, где концентрация точечных дефектов определяется в основном дислокациями, поры растут неограниченно, а где влияние дислокаций экранировано порами, размер последних строго ограничен. Как известно, дислокации переползают под облучением, поэтому поры оказываются то в условиях роста, то растворения до некоторого фиксированного размера. Это позволяет, налагая определенные ограничения на концентрацию пор и плотность дислокаций, объяснить упомянутые экспериментальные данные.

В заключение на совещании были сформулированы основные задачи, стоящие перед радиационной физикой:

поиск путей повышения радиационной стойкости конструкционных материалов для быстрых реакторов и установок термоядерного синтеза на основе как экспериментальных исследований поведения материалов в условиях высокой температуры, интенсивности и дозы облучения, так и дальнейшего развития физических представлений о природе процессов, происходящих под облучением;

расширение исследований в области радиационной физики сверхпроводящих материалов, полупроводников, ионных кристаллов, аморфных металлов, полимеров и органических соединений.

Онуфриев В. Д., Субботин А. В.

4-я Международная конференция по стабильным изотопам

Конференция состоялась в марте 1981 г. в Юлихе (ФРГ). В ее работе участвовало более 250 представителей из 26 стран, было представлено 106 докладов, из них 12 пленарных. Кроме того, была организована демонстрация 26 стеновых докладов.

В докладах освещались в основном результаты исследований, выполненных с использованием стабильных изотопов за последние четыре года по следующим направлениям: методы ввода изотопной метки и анализа изотопного состава; фракционирование изотопов в биологических системах, причины и интерпретация изотопных эффектов; применение стабильных изотопов в гео- и биохимии, науках о жизни, сельском хозяйстве, фармакологии, токсикологии и клинической диагностике.

Разделению и производству стабильных изотопов посвящено три доклада. В докладе И. Достровского и М. Еппштейна сообщалось о работе каскада для производства изотопов кислорода, построенного в Институте Вайцмана (Израиль) 25 лет назад. Производственный каскад состоит из двух ступеней. Первая включает в себя 36 колонн для дистилляции воды. Диаметр колонн 2—15 см, высота 10—15 м, производительность секций 7 кг/год ^{18}O обогащением 98—99 ат. % и 1,4 кг/год ^{17}O обогащением до

25 ат. %. Вторая ступень состоит из двух термодиффузионных каскадов, которые питаются обогащенным кислородом, получаемым путем электролиза воды, отбираемой из первой ступени. Вторая ступень позволяет получить ^{17}O обогащением до 90 ат. %.

Б. Резерфорд (США) сообщил о разделении нуклидов хлора, серы и кальция жидкостной термодиффузией. По мнению автора, для производства сотен граммов нуклидов серы и хлора жидкостная термодиффузия является наиболее эффективной. При использовании хлористого метила в качестве рабочей жидкости на лабораторной разделительной установке были получены изотопы хлора с обогащением 99,5 ат. % ^{35}Cl , 95 ат. % ^{37}Cl . Была также показана возможность получения высококонцентрированной ^{34}S с применением CS_2 в качестве рабочей жидкости. В экспериментах по разделению изотопов кальция на аналогичной установке с использованием водного раствора солей кальция был получен ^{48}Ca обогащением до 10 ат. %. К. Хойман с сотрудниками (ФРГ) рассказали о разделении изотопов кальция в процессе ионного обмена. Для разделения изотопов кальция в случае применения ионообменных смол с криптоандами коэффициент разделения достаточно высокий ($\alpha = 1,005$ и 1,01 для $^{44}\text{Ca}/^{40}\text{Ca}$ и $^{48}\text{Ca}/^{40}\text{Ca}$)