«6D071000 – Металтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін Тамара Мустафаевна Алдабергенованың дайындаған «Плазма және зарядталған бөлшектерағындары арқылы сәулелендірудің әсерінен графит пен вольфрам бетінің құрылымы мен физика-механикалық қасиеттерінің деградацияға ұшырауын зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

СЫН ПІКІР

Т.М. Алдабергенованың диссертациялық жұмысы термоядролық реакторлардың плазмаға кері айналуынан қорғайтын материалдардың перспективалық материалдары болып табылатын вольфрам және реакторлық графиттің құрылымы мен физика-механикалық қасиеттеріне энергияның импульстік бөлінуінің және зарядталған бөлшектердің ағындарының әсерін зерттеулерге арналған.

1. Зерттеу тақырыбының өзектілігі және оның жалпы ғылыми және жалпы мемлекеттік бағдарламалармен байланысы

Т.М. Алдабергенованың диссертациялық жұмысының тақырыбы термоядролық реактор диверторы мен бірінші қабырғасын қорғайтын перспективалық материал – графит пен вольфрамның физика-механикалық қасиеттерін және құрылымна термоядролық плазманың зақымдаушы факторларын зерттеу болып табылады. Тақырып термоядролық энергетиканы дамыту көзқарасы тұрғысынан өзекті, өйткені зерттеулер плазманың тортәрізді ұстамасы бар термоядролық реактор дивертарының материалын таңдауға бағытталған, ал қазіргі таңда әлемдік қауымдастықта энергетикалық термоядролық реактордың прототипі – Халықаралық тәжірбиелік термоядролық реактор (ИТЕР) салынып жатыр. Жұмыстың тақырыбы Қазақстан үшін де маңызды, ол Қазақстандық материалтану токамагының іске қосылуымен байланысты. Оның негізгі мақсаттарының бірі термоядролық синтез реакторларының материалтану есептерін, оның ішінде бірінші қабырға мен дивертарды қорғайтын перспективалық матриалдарды таңдау және сынау мәселелерін шешуге арналған ғылыми-техниникалық зерттеулер болып табылады.

Бұл мәселеге, яғни плазмаға айналдырылған материалдарды таңдауға басқарылатын термоядролық синтез бойынша жұмыстың басынан бастап көп көңіл бөлінгенін атап өткен жөн. Мұндай материалдардың пайдалану шарттарын: қуатты жылу жүктемелері, зарядталған бөлшектер ағындары және плазманың әсерін ескерсек, оларды таңдау әлібетте күрделі ғылыми-техникалық мәселе. Қорғаныс материалы және дивертор ретінде молибден және оның қорытпалары, графит, вольфрам және басқа да материалдар қарастырылған, алайда соңғы 2-3 жылда ИТЕР дивертары жасалынатын материалына негізгі кандидат ретінде құрамы жоғары таза вольфрам таңдалынған. Диссертациялық жұмыста дәл осы материалға басты көңіл

аударылған. Сонымен қатар, материалтанудың дамуына байланысты плазмаға айналатын материалдарды іздестіру және жасау аяқталған деп санауға болмайды, жабындылы материалдар да перспективалы материал ретінде қарастырылуы мүмкін, бірақ дәл вольфрам ИТЕР реакторында және Қазақстандық токамак типті бірінші энергетикалық термоядролық реакторда қолданылады.

Диссертациялық жұмыста ұсынылған зерттеулер «Қазақстандық токамак термоядролық материалтану реакторын пайдалану және құрылуын ғылыми-техникалық қолдау» ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында орындалған. Диссертацияда алынған нәтижелер Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығында пайдалануға берілген Қазақстандық КТМ материалтану токамагындағы КТМ қондырғысында зерттеу жұмыстарын жүргізу кезінде сұраныста болады.

2. Диссертациялық жұмыстарға қойылатын талаптар шеңберіндегі ғылыми нәтижелер (127 тағайындау ережелері. «Ғылыми дәрежелерді тағайындау ережелері» 31.03.2011 ж.)

Осы жұмыстарды орындау барысында диссертант алған негізгі ғылыми нәтижелер төменде келтірілген:

– Энергиясы 100 кэВ аргон иондарының флюенсі $5 \cdot 10^{17}$ $см^{-2}$ - $1 \cdot 10^{18}$ $см^{-2}$ дейін жоғарылаған сайын вольфрамның тозаңдану коэффициенті 20% өсетіні анықталған. Металдық материалдардың тозаңдату коэффициентін эксперименттік өлшеу Резерфордтық кері шашырату әдісімен тозаңдатылған қабаттың қалыңдығын анықтауға негізделене отырып әзірленген бірегей әдістемені пайдаланып орындалған.

– Масса шығындары эксперименталды түрде өлшенген:

• DFW маркалы вольфрамды импульсті электрондық шоғырмен ұзақтығы 2×10^{-6} энергия ағындары $J = 4 \times 10^{11}$ $Вт \times м^{-2}$ болатын сәулелендіру массаның 1.6 мг шығынына әкеледі;

• графитті 13 импульсте ұзақтығы 2 мкс энергия бөлінуі 10 $Дж/см^2$ импульстік плазма шоғымен сәулелендіру кезіндегі массаның шығыны 4 мг құрайды.

• әзірленген теориялық модель бойынша есептелген масса шығыны вольфрам мен графит үшін эксперименталды өлшенген масса шығындарымен сәйкес келеді.

– Энергиясы 45 кэВ альфа-бөлшектермен $1.5 \cdot 10^{+18}$ $см^{-2}$ флюенске дейін сәулелендіргенде бетүсті қабатында ~ 100 нм дейін гелий толтырылған қуыстықтардың пайда болуына, блистерингке және қабыршықтануға әкеледі. Гелиймен толтырылған бетүсті аймағында ~ 25-30% имплантацияланған гелий бар екені анықталды. Имплантталған гелийдің негізгі бөлігі (> 1100 °C) жоғары температураға дейін тұрақты, бетүсті аймағында орныгысуға әкелетін гелий-ваканттық кешендерде болады.

3. Диссертациялық жұмыста мазмұндалған әрбір ғылыми нәтиженің

(ғылыми қағида), тұжырымның және ізденуші қорытындысының сенімділік және дәлелділік дәрежесі

Қорғауға шығарылатын ережелердің, ізденушінің қорытындылары мен қорытындыларының дұрыстығы қазіргі заманғы эксперименталды жабдықтар мен сынақтан өткізілген эксперименталды әдістемелердің қолданылуымен расталады: сканерлі электрондық және атомдық күштік микроскопиясы, Резерфордтық кері шашырау әдісі, микро-наноқаттылықты өлшегіш және тағы басқа. Энергияның импульстік бөлінуі әсерінен масса шығынын есептеу эксперименталды алынған нәтижелермен келісіледі, бұл материалдардың эрозиясына әкелетін негізгі механизмдердің ескерілгендігін көрсетеді.

Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша 15 жұмыс (5 мақала және 8 тезис) әр-түрлі журналдарда жарияланды. ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы қадағалау және аттестаттау комитеті ұсынған журналдарда 5 мақала, халықаралық конференция материалдарында 8 тезис және индекісі бар 2 мақала Web of Science. Импакт-фактор базасына енгізілген Web of Science журналдарында жарияланды.

4. Диссертациялық жұмыста мазмұндалған әрбір ғылыми нәтиженің (қағида), ізденуші қорытындысының жаңалық дәрежесі

Диссертациялық жұмыста алғаш рет келесі нәтижелер алынды:

– Алғаш рет вольфрамның тозаңдану коэффициентінің аргон иондарымен сәулелену флюенсіне тәуелділігі эксперименталды өлшенген. Иондардың флюенсі өсуімен тозаңдану коэффициенті ұлғаятыны көрсетілген.

– Алғаш рет қуатты импульсті электрондық шоғымен сәулеленген DFW маркалы вольфрам массасының шығыны эксперименталды өлшенген. Бірдей сәулелендіру жағдайында вольфраммен сәулелендіруде массаның шығыны молибденмен сәулелендірудегі массаның шығындарымен салыстырғанда екі есе аз.

– Бет қабатында энергияның импульстік бөлінуі кезінде массаның шығындарын бағалау үшін теориялық модель әзірленді. Модельдің жаңалығы фазалық түрленуді, яғни балқу және булану, сондай-ақ сәулеленетін беттен жылу бөлінуді есепке алу болып табылады. Импульстік электрондармен сәулелендірілген DFW маркалы вольфрам, молибден және графиттің есептелген массасының шығындары эксперименттік нәтижелермен сәйкес келеді.

– Жоғары флюенстерге дейін төмен энергиялы альфа-бөлшектермен сәулелендірілген DFW вольфрам бетінің қабыршақтануы мен блистерлердің қалыптасуы эксперименталды түрде зерттелінген. Сәулелендірудің 1.5×10^{18} $см^{-2}$ флюенсінде бет қабатында блистерлердің қалыптасқаны көрсетілген және гелиймен толтырылған қуыстардың бетіне шығуы байқалады, олардың кейбіреулері ашылған, яғни сондай-ақ бет қабатының қабыршақтануы байқалады.

– Төмен энергиялы альфа-бөлшектермен сәулелендірілген DFW вольфрамынан гелийдің десорбциясының кинетикасы зерттеу негізінде алғаш

рет гелийдің болатын пішіндері анықталған және де блистерлердің эволюциялары мен вольфрамның берік қасиеттерінің байланыстары анықталған.

5. Алынған нәтижелердің теориялық және практикалық құндылығы

Алынған ғылыми нәтижелер жоғары практикалық және ғылыми құндылықтарға ие:

–Резерфордтық кері шашырау әдісімен тозаңдатылған қабаттың қалыңдығын анықтауға негізделген металл материалдарды тозаңдату коэффициентін эксперименттік өлшеудің әзірленген әдістемесі материалдардың кең шеңберінде, соның ішінде композитті көп құрауышты материалдар үшін қолданылады. Бұл әдіс, мысалы, жұқа қабыршақтарды жасау сияқты кең ауқымды тапсырмалар үшін пайдаланылуы мүмкін.

–Ең маңызды ғылыми нәтижелерге, альфа-бөлшектерімен сәулелендірген вольфрамның сәлелендіру және термиялық өңдеуден кейінгі бет қабатының құрылымы мен қаттылығын зерттеу нәтижелерін жатқызуға болады. Растрлық электронды микроскопия, тереңдігі бойынша қаттылықты өлшеу және термодесорбциялық спектроскопия сияқты әдістемелерді кешенді қолдану арқылы алынған бет қабатындағы блистерлердің эволюциясы, блистердегі гелийдің мөлшері, термиялық өңдеуден кейін механикалық қасиеттері қалпына келуі анықталды, сондай-ақ имплантталған гелийдің болатын нысандары туралы ақпарат алынды. Алынған нәтижелер DFW маркалы вольфрды ИТЕР және энергетикалық ТЯР қондырғыларының дивертордық құрылғыларының материалы ретінде қолдану үшін ұсынуға негіз бола алады.

–Плазма және зарядталған бөлшектер ағындары әсеріндегі материалдардың эрозиясының әзірленген моделі әртүрлі материалдар үшін жылулық эрозия әсерлерінің бағалау есептерін жүргізуге мүмкіндік берді, бұл плазмаға айналатын материал ретінде қолданылатын материалдардың ауқымын айтарлықтай шектеуге мүмкіндік береді. Ұсынылған модель сондай-ақ кең көлемді есептерге, атап айтқанда материалдарды өңдеу есептеріне оларға қажетті функционалды қасиеттер беруге арналған мәселелерге қолданылуы мүмкін.

–Эксперименттік әдістемелер мен модельдер КТМ Қазақстандық материалтану токамагында зерттеу жұмыстарын тиімді жүргізуге мүмкіндік беретін болады.

6. Диссертация бойынша кемшіліктер, ұсыныстар

Диссертацияның мазмұны және жазылуы бойынша келесідей кемшіліктерді атап өту қажет:

1. Диссертациялық жұмыста негізгі зерттеулер мен қорытындылар DFW вольфрамына арналған. Термоядролық плазма факторларының графиттің құрылымы мен қасиеттеріне әсерін зерттеу едәуір аз көлемде ұсынылған. Бұл немен байланысты?

2. Диссертациялық жұмыста термоядролық плазма факторларының молибденге әсерін зерттеуге көп көңіл бөлінген (2-ші тарау «материалдар мен зерттеу әдістері»). Сонымен қатар бұл факторлардың молибден мен вольфрамның құрылымы мен қасиеттеріне әсерін салыстыру берілген жоқ. Молибден мен вольфрамды ТЯР диверторының материалдары ретінде салыстыра отырып, қандай қорытынды жасауға болады?

3. Жұмыста стилистикалық және грамматикалық қателер көп кездеседі. Кейбір сөйлемдердің мағынасы түсініксіз.

Дегенмен, менің ойымша, көрсетілген кемшіліктер мен ескертулер Т.М.Алдабергенованың диссертациялық жұмысының құнын төмендетпейді.

7. Диссертация мазмұнының «Ғылыми дәрежелерді тағайындау ережелері» талаптарына сәйкестігі

Жоғарыда тұжырымдалғандарды ескеріп, Т.М.Алдаберегенованың «6D071000 - Металтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін ізденуге ұсынған «Плазма және зарядталған бөлшектер ағындары арқылы сәулелендірудің әсерінен графит пен вольфрам бетінің құрылымы мен физика-механикалық қасиеттерінің деградацияға ұшырауын зерттеу» тақырыптағы диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми және әдістемелік деңгейде дайындалған, сондай-ақ аяқталған, жүйелі ғылыми зерттеу деп есептеймін.

Диссертациялық жұмыстың мазмұны мен көлемі Қазақстан Республикасы Білім және Ғылыми Министрлігі, Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті «Ғылыми дәрежелерді тағайындау ережелері» талаптарына және аталған мамандық паспортына сәйкес келеді, ал ізденуші Алдабергенова Тамара философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ресми рецензент:

Профессор С.Ж.Токмолдин
ф.-м.ғ.д., Мемлекеттік сыйлықтың лауреаты,
Қазақстанның еңбек сіңірген қайраткері,
Қазақ ұлттық жаратылыстану ғылымдары
академиясының академигі, Ресей ғылым
академиясының Абрам Федорович Иоффе
атындағы Физика-техникалық институтының
(Санкт-Петербург қ., Ресей) құрметті мүшесі

Подпись заверена

Республикасы Алматы қаласы Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі «Қазақстан инженерия ғылыми - өндірістік орталығы» Қазақстан город Алматы Товарищество с ограниченной ответственностью «Научно-производственный центр агроинженерии»

КАДР БӨЛІМІ
ОТДЕЛ КАДРОВ