

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики твердого тела**

ПЕТРОВ
Александр Михайлович

**ТЕРМИЧЕСКАЯ ЭРОЗИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПЛАЗМЕННОМ
ВОЗДЕЙСТВИИ**

Дипломная работа

Научный руководитель:
Доцент кафедры физики твердого
тела
Шиманский В.И

Допущен к защите

«__» _____ 2020 г.

Зав. кафедрой физики твердого тела доктор физико-
математических наук, профессор Углов В.В.

Минск, 2020

Содержание

Реферат	2
Русский	2
Белорусский	3
Английский	4
1 Введение	5
2 Основная часть дипломной работы	6
2.1 Обзор литературных источников	6
2.2 Методика проведения расчета	10
2.2.1 Расчет распределения температур в образце	10
2.2.2 Механизм испарения	11
2.2.3 Оценка термоупругих напряжений	14
2.3 Основные результаты и выводы	15
2.4 Реализация	24
2.4.1 Описание основных модулей	24
2.4.2 Решение термодинамического уравнения	25
2.4.3 Уравнение расчета испарения	26
2.4.4 Пример расчета градиента температур	28
3 Заключение	30
Список литературы	32

Реферат

Русский

Дипломная работа 33 стр., 8 рисунков, 2 таблиц, 10 источников Целью дипломной работы было исследование адгезии поверхности материалов под воздействием компрессионных плазменных потоков на поверхность материала.

В результате проведённой работы были рассмотрены основные механики абляции различных материалов, таких как вольфрам, титан и медь под действием компрессионных плазменных потоков. Так же были рассмотрены математические модели расчета градиента температур, оценки термоупругих напряжений и расчета количества вещества уносимого с поверхности по средствам испарения. В ходе расчета было получено, что доли масс материала уносимые по средствам испарения при обработке компрессионными плазменными потоками являются пренебрежимо малыми, по сравнению с долями уносимыми по средствам гидродинамических явлений.

В ходе использования рассмотренных математических моделей были найдены некоторые недостатки, связанные с проблемой учета абляции поверхностного слоя, в следствии чего могла возникать неточность расчетов. Более всего недостатки методик заметны на градиентах температур в титане при высоких энергиях компрессионных плазменных потоков. Для решения данной проблемы абляция как и возникновение термоупругих напряжений должны быть учтены на моменте расчета градиента температур. Однако из-за сложности явлений возникающих при обработке компрессионными плазменными потоками произвести корректную оценку абляции не представляется возможным.

Белорусский

Дыпломная праца 33 стар., 8 малюнкаў, 2 табліц, 10 крыніц Мэтай дыпломам працы было даследаванне адгезіі павярхні матэрыялаў пад уздзеяннем кампрэсійных плазменных патокаў на павярхню матэрыялу.

У выніку праведзенай работы былі разгледжаны асноўныя механікі абляцці розных матэрыялаў, такіх як вальфрам, тытан і медзь пад дзеяннем кампрэсійных плазменных патокаў. Гэтак жа былі разгледжаны матэматычныя мадэлі разліку градыенту тэмператур, ацэнкі термоупругих высілкаў і разліку колькасці рэчыва якую нясе з павярхні па сродках выпарэння. У ходзе разліку было атрымана, што долі мас матэрыялу вецер панёс па сродках выпарэння пры апрацоўцы кампрэсійнымі плазменнымі патокамі з'яўляюцца занядбана малымі, у параўнанні з долямі якую нясе па сродках гідродынамічных з'яў.

У ходзе выкарыстання разгледжаных матэматычных мадэляў былі знойдзены некаторыя недахопы, звязаныя з праблемай уліку абляцці павярхоўнага пласта, у выніку чаго магла узнікнуць недакладнасць разлікаў. Больш за ўсё недахопы методык прыкметныя на градыентах тэмператур у Тытане пры высокіх энергіях кампрэсійных плазменных патокаў. Для вырашэння гэтай праблемы абляцця як і ўзнікненне термоупругих высілкаў павінны быць улічаныя на моманце разліку градыенту тэмператур. Аднак з-за складанасці з'яў якія ўзнікаюць пры апрацоўцы кампрэсійнымі плазменнымі патокамі вырабіць карэктную ацэнку абляцці не ўяўляецца магчымым.

Английский

Thesis 33 pages, 8 figures, 2 tables, 10 sources The purpose of the thesis was to study the adhesion of the surface of materials under the influence of compression plasma flows on the surface of the material.

As a result of this work, the main ablation mechanics of various materials, such as tungsten, titanium, and copper under the influence of compression plasma flows, were considered. Mathematical models for calculating the temperature gradient, evaluating thermoelastic stresses and calculating the amount of substance carried away from the surface by means of evaporation were also considered. In the course of the calculation, it was found that the fractions of the mass of material carried away by means of evaporation during processing by compression plasma flows are negligibly small, compared with the shares carried away by means of hydrodynamic phenomena.

In the course of using the considered mathematical models, some shortcomings were found related to the problem of taking into account the ablation of the surface layer, as a result of which inaccurate calculations could occur. Most of all, the drawbacks of the methods are noticeable on temperature gradients in titanium at high energies of compression plasma flows. To solve this problem, ablation as well as the occurrence of thermoelastic stresses should be taken into account at the time of calculating the temperature gradient. However, due to the complexity of the phenomena that occur during processing by compression plasma flows, it is not possible to correctly assess ablation.