

ИЗСЛЕДВАНИЯ НА МЕХАНИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА ДИСПЕРСНОУЯКЧЕНА АЛУМИНИЕВА СПЛАВ, ПРЕДНАЗНАЧЕНА ЗА ОТКРИТИЯ КОСМОС

Анна Бузекова – Пенкова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: a_bouzekova@abv.bg

Ключови думи: *алуминиеви сплави, ултрадисперсен диамантен прах*

Резюме: *Композиционните материали са материалите на бъдещето. Изискванията към тях за космически приложения стават все по-големи и са предмет на разработки от различни международни научно-изследователски екипи. Това доведе до създаването на нов материал в нашето направление. Това е материал на алуминиева основа, количествена прибавка на ултрадисперсен диамантен прах /УДДП/ и волфрам /W/. Изследването на този материал в условията на открития космос се предхожда от предварителни изследвания, като част от механичните изследвания представяме тук.*

RESEARCH ON MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINIUM DISPERSION STRENGTHENED ALLOY FOR OUTER SPACE

Anna Bouzekova – Penkova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: a_bouzekova@abv.bg

Keywords: *Aluminum alloys, ultradispersed diamond powder*

Abstract: *Composite materials are materials the future . Requirements them for space applications are becoming larger and are subject to the development of various international research teams. This led to the creation of new material in our direction. This is the material of the aluminum base, the amount added ultradisperse diamond dust / UDDP / and tungsten / W /. The study of this material in terms of open space is preceded by preliminary studies as part of the mechanical tests presented here.*

Въведение

Бързото развитие на човечеството, в частност технологиите, изискванията към сплавите стават все по-големи. Едно от условията е те да са леки, твърди и устойчиви. Поради тази причина стремежът ни е получаването на нов композиционен материал на базата на AL (алуминий), който е лек, но същевременно да бъде и с висока твърдост, висока плътност и топлинна устойчивост, особено перспективен за нуждите на космическата техника.

За космически приложения от съвременните композити се изисква да работят в екстремални условия и да притежават редица специфични физико-механични показатели. Ето защо изследването на този материал в условията на открития космос се предхожда от предварителни изследвания, а по следващите резултати ще са от значение за влиянието на открития космос върху композита. Идеияният проект се реализира в сътрудничество с водеща космическа държава - Руския модул на Международната Космическа Станция (МКС), в което разделение, колективът участва активно с блок ДП-ПМ, като част от експеримента ОБСТАНОВКА.

Изходната сплав е В95, количествена прибавка на ултрадисперсен диамантен прах /УДДП/ и волфрам /W/.

Начина за получаване на ултрадисперсия прах е разработен и получен по взривен път в нашето направление.[2,3,4]

С появата на взривно получени диаманти, в т.ч. ултрадисперсни, които са твърде евтина суровина, възниква възможност за използването им като уякчаващи частици. Процентната добавка е уточнена в резултат на собствени изследвания в нашето направление за УДДП- в рамките на договор 412/87 от МОНТ и за W от експеримент "ВОАП" от програма на втория космонавт.(1,2,3)

Оценката на ефекта на уякчаване с помощта на съотношенията на Аксел и Ленел показват, че легирането с частици на УДДП дава резултат още при малки концентрации, като с увеличаване на съдържанието на диамант твърдостта се увеличава.

Твърдостта за изходната сплав В95 без УДДП е около 50-60 HRB.

Бяха проведени изпитания по Vickers и Brinell на Твърдомер TP 5006 показан на фигура 1 за изходната сплав. Като преди закалка на сплавта, твърдостта по Brinell HRB е от порядъка на HRB=60÷71.5, а след високочестотна закалка се достигат следните резултати:

HRB ≈ 87 по Rockwell /при натоварване 98.07 N/

HV ≈ 238 по Vickers /при натоварване 98.07 N/



Фигура 1

По нататъшните изследвания са свързани с микроиндентация. Теста с микроиндентация предоставя данни за микротвърдостта на материала по Vickers и еластичен модул на Юнг.



Фигура 2

На фигура 2 е показан Nanoindenter UMT-2 на Bruker които е универсален апарат за механични и трибологични изпитания (CETR-USA) . Апарата работи в съответствие с международните стандарти ISO, ASTM и DIN.

Данните за изчислените по Oliver-Pharr метод характеристики за твърдост и модул на Юнг са получени от кривите „натоварване-дълбочина на индентацията” (Load-Depth Curves). Кривите описват точното протичане на теста – индентирание посредством Vickers индентор до достигане на зададеното предварително натоварване, задържане на това натоварване върху пробата до 15 секунди, разтоварване до 10% от зададеното натоварване, задържане на 10% от зададеното натоварване до 15 секунди и накрая отпускане със същата скорост както същинското индентирание до излизане от повърхността на пробата. Следва преместване на

индентора на 1 мм отстояние и повтаряне на процедурата. Точните условия на извършения експеримент са:

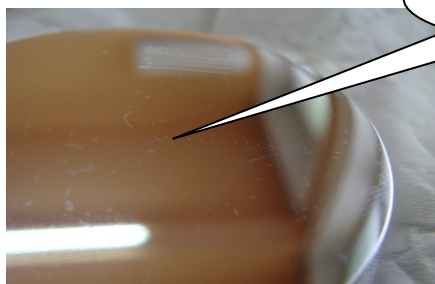
Индентор	– Vickers ;
Време за проникване	– 40 сек;
Време за задържане при максимално натоварване	– 15 сек;
Време за разтоварване до 10% от максималното натоварване	– 40 сек;
Време за задържане при 10% от максималното натоварване	– 15 сек;
Време за отдръпване	– 20 сек.

Спрямо изискванията за провеждане на този вид изпитания, оразеца беше предварително изрязан на струг с размер $d=50.6$ mm. След това беше шлифован на шлифовачни машини Metasinex – ROW RATHENOW с шкурки от 600 до 2000 и последващо полиране на MULTIPOL 2-precision polishing machine с полираща паста, до получаване на напълно гладка, огледална повърхност.

Образеца е показан на фигура 3.

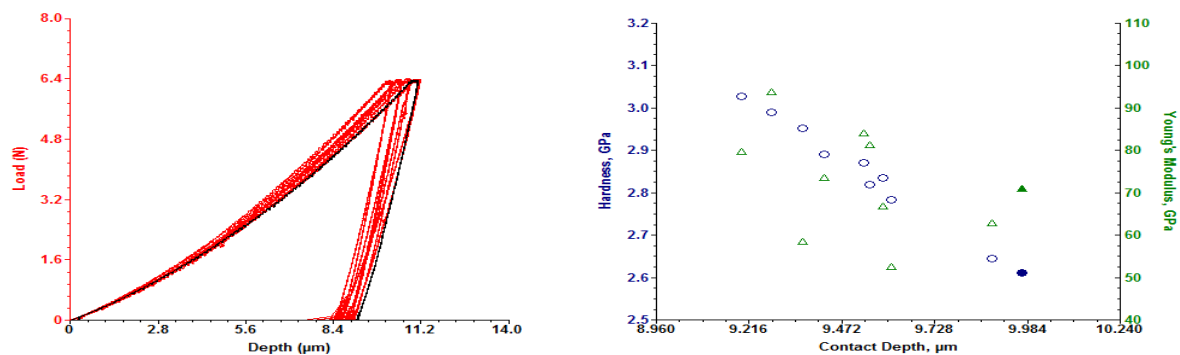


Фигура 3



Фигура 4

Резултати от изследването



Графика 1. Експериментални графики. Отляво – кривите „натоварване-дълбочина на индентацията“ (Load-Depth Curves). Отдясно – резултатна графика с изчислени за всяка индентация твърдост и модул на Юнг

На образеца са направени 10 броя индентации като крайните резултати за твърдост и модул на Юнг са определени чрез статистическа обработка на данните. Изчисленията са направени при коефициент на Поасон – 0.33. Резултатите са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Резултати за твърдост и модул на Юнг

Max loading – 7N	Hardness (GPa)	Standard Deviation(GPa)	Young's modulus (GPa)	Standard Deviation(GPa)
AIB95+W+Diamond Nanoparticles	2.842	0.137	72.328	12.612

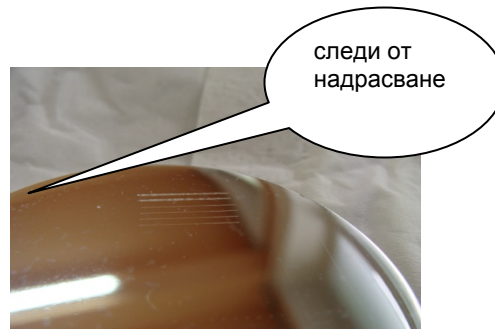
От получените резултати се вижда, че микротвърдостта е приблизително 6 пъти по-голяма.

На споменатия по-горе апарат беше направен и тест за устойчивост при надраскване, които ни предоставя данни за коефициента на триене по Rockwell и степента на проникване в обема на материала.

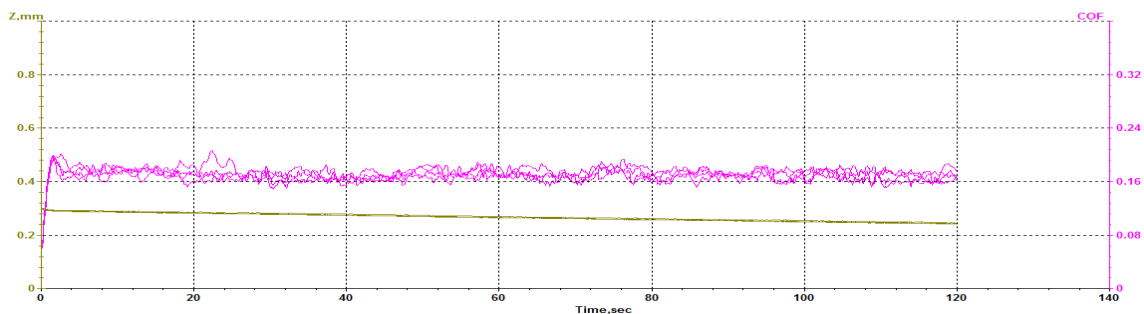
Теста за устойчивост при надраскване предоставя данни за коефициента на триене по Rockwell и степента на проникване в обема на материала.

Образецът е статично захванат, по него се придвижва индентор тип Rockwell с предварително зададено постоянно натоварване 7N, прониква до някаква степен в образеца и продължава със скорост 0.083 mm/s за осъществяване на надраскването с дължина на следата 10 mm. Процедурата се повтаря няколко пъти на отстояние от 1 mm за натрупване на статистически данни и проверка за повторяемост на резултатите.

Образецът е показан на фиг. 5.



На фиг. 6 е показан изследвания образец, който е предварително полиран спрямо изискванията на апаратурата.



Графика 2

Графика 2 Експериментални графики. Със зелен цвят е обозначена промяната с времето на степента на проникване на индентора в обема на образеца. С розов цвят е обозначен коефициента на триене при надраскване.

Максималното проникване в образеца е със стойност $Z = 297$ микрона, а минималното – $Z = 244$ микрона. Разликата най-вероятно се дължи на денивелация на повърхността на образеца.

Резултатите от микроанализа ни показаха, че сплавта се намира в равновесно състояние поради добрата хомогенизация на материала и това ни наведе на мисълта да проведем измервания на микротвърдост, която да определи твърдостта на отделните зърна (компоненти).

Изпитването се извършва на твърдомер "Вертивал" с четиристенна пирамида от диамант с ъгъл при върха $136^{\circ} \pm 20^{\circ}$. Пирамидата се натиска върху предварително добре изравнена повърхност на изпитвания образец с определено натоварване и се измерват диагоналите на пирамидата, като се взема средната стойност.

Микротвърдостта на зърната в матрицата е $H_{\mu} = 78.6 \text{ kg/mm}^2$

Микротвърдостта в зърната на интерметалида е $H_{\mu} = 78.2 \text{ kg/mm}^2$

Тези изследвания са направени при натоварване 10g

При натоварване 100g , $H_{\mu} = 99 \text{ kg/mm}^2$

Тези резултати още веднъж ни доказват, че с процентната прибавка на УДДП микротвърдостта и твърдостта в матрицата са изключително високи, което е гонения от нас резултат.

Бяха проведени изпитания на ударна жилавост – якост на удар

Следват въздействия в произволно направление с механични удари максималните стойности на които са указани в следната таблица (ТАБЛ. 3):

Таблица 3

Ударно ускорение, g	Продължителност на действието на ударното ускорение, мсек	Количество на ударите
40 g	1-3	По 3 във всяко направление и по всяка ос

Изследваният образец се закрепва посредством “ВЕЛКРО” към платформата на ударния стенд. Изпитанието се провежда в съответствие с инструкцията за експлоатация на стенда, при натоварване равно на 40 g, продължителност на импулса 1-3 мс, по три удара по всяка от трите взаимно перпендикулярни оси на блока (всичко 18 удара). Изключва се стенда, сменя се блока, извършва се външен оглед с цел проявление на механически повреди и работоспособност.

Не се наблюдават визуално механични повреди и пробитости. Резултатите позволяват да се оцени надеждността за използване на композитни материали на метална основа за изработване на корпуси и детайли, на уреди и апарати, както за изследване на космическото пространство, така и може би по-важно приложение в наземни условия за практически цели.

Изводи:

- Получени са и са изследвани материали на основата на Алуминий, уякчен с ултрадисперсни частици диамантен прах.
- Целесъобразно е използването на този вид композит, поради постигането на висока твърдост и добри физико-механични показатели.
- Иновацията на такъв вид сплав, динамиката на разработване, изследване и свързаните с тях дейности са един основен стимул за развитието на науката и технологията.

Литература:

1. Експеримент «ВОАЛ» от програмата на втория космонавт, София
2. BG патент 9318561990 г.
3. US Patent № 5,353,708/11.1994
4. М а р к о в, Л., *Детонационен синтез на ултрадисперсен диамант и деагрегацията му*, Военна академия Г. С. Раковски, Годишна научна конференция, 6-7 април 2010 год., София
5. Ф р и д л я н д е р, И. Н., *Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы*, Проблемы цветной металлургии 1979
6. Ф р и д л я н д е р, И. Н., К. В. Ч у и с т о в, А. Л. Б е р е з и н а, Н. Н. К о л о б н е в, *Алюминий-литиевые сплавы. Структура и свойства*, – Киев, «Наукова думка», 1992.