

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА АМОΡФНИХ СПЛАВІВ $Fe_{80}B_{20-x}Si_x$

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Методами рентгенівської фотоелектронної спектроскопії і Віккерса досліджувались електронна структура і механічна характеристика (твердість) АМС елементи $Fe_{80}B_{20-x}Si_x$. В поверхневому шарі виявлено окрім зв'язків c – c, сильні зв'язки c = 0, що характерно для складних вуглецевих сполук. В окисленому шарі не виявлено бор і його з'єднання. Спостерігається яскраво виражена залежність твердості від атомного (% ат.) вмісту металоїдів. Згідно методу Віккерса вона має лінійну залежність в межах 1100 ÷ 580 HV одиниць.

Ключові слова: електронна структура, спектроскопія, аморфний сплав, метод Віккерса, твердість.

Abstract

The electron structure and mechanical characteristics (hardness) of the AMC elements $Fe_{80}B_{20-x}Si_x$ were investigated by X-ray photoelectron spectroscopy and Vickers. In the surface layer were detected the strong bonds c = 0 besides the bonds c - c, that is characteristic of complex carbon compounds. In the oxidized layer, boron and its compounds were not detected. There is a pronounced dependence of hardness on atomic (% At.) content of metalloids. According to the Vickers method, it has a linear dependence within the limits of 1100 ÷ 580 HV units.

Key words: electronic structure, spectroscopy, amorphous alloy, Vickers' method, hardness.

Вступ

Дослідження аморфних металічних сплавів, що мають суттєві відмінності у фізичних і технічних характеристиках, в порівнянні з кристалічними металічними речовинами, у яких існує дальній порядок у розташуванні атомів, являє велику зацікавленість всебічного теоретичного та експериментального їх дослідження. Відсутність дальнього порядку, а відповідно і кристалічної анізотропії, дефектів кристалічної будови таких як, дислокації і вакансії, дефекти упаковки, є на думку багатьох дослідників, АМС та першопрчина яка обумовлює різючі відмінності властивостей цих речовин. Так аморфні металічні сплави, незалежно від концентрації компонентів, являються однофазними системами, внаслідок чого вони володіють мікро – і макрооднорідністю. Можна стверджувати, що АМС володіють ідеальною атомною структурою і фазовою однорідністю. Ці та багато інших особливостей фізичних, хімічних, технічних характеристик зумовили потребу в аморфних матеріалах для розвитку електротехнічної, електронної та приладобудівної галузей промисловості. Технологія отримання АМС полягає безпосередньо із розплаву шляхом неперервного лиття.

Методи досліджень.

В якості об'єкта досліджень використовувалась аморфна лента, отримана шляхом швидкого охолодження розплаву $Fe_{80}B_{20-x}Si_x$. Структурні і фазові зміни, які відбуваються в об'ємі даного аморфного сплаву доволі добре вивчені [1,2], що дає можливість детального вивчення процесів, що відбуваються на його поверхні, та таких його характеристик як твердість, міцність, пластичність.

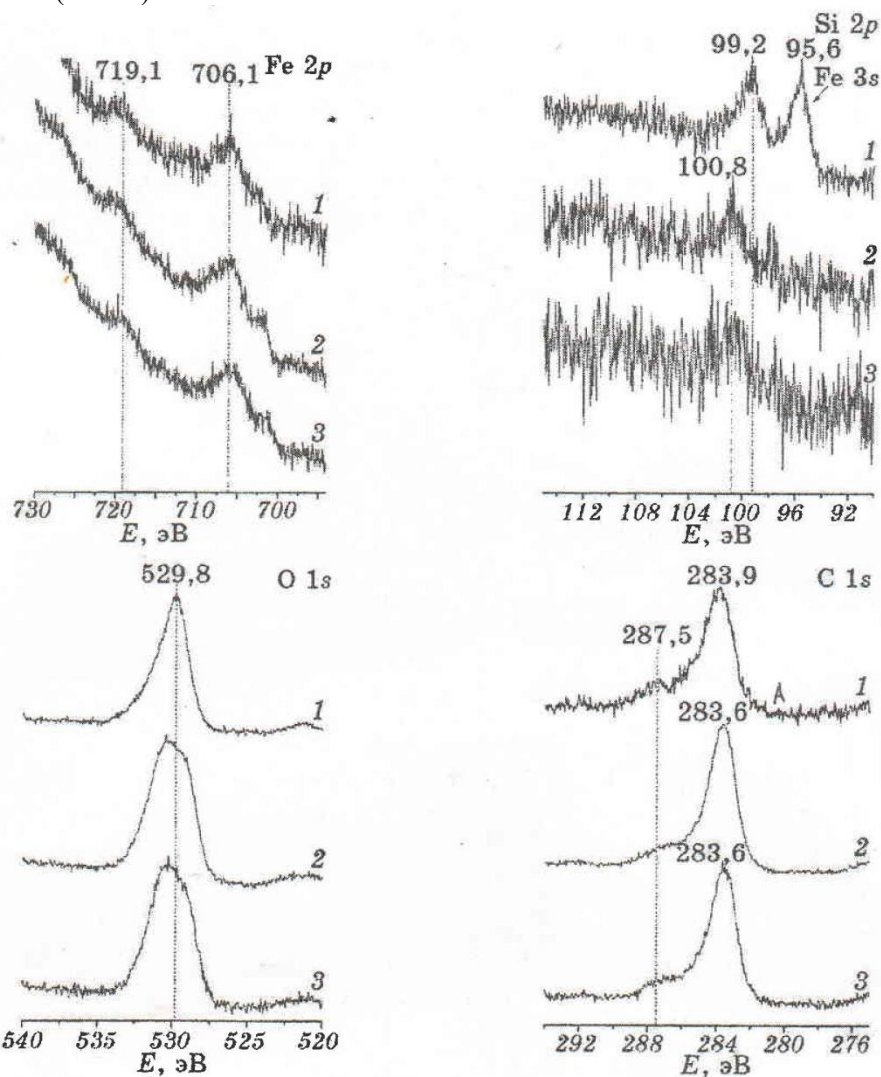
Рентгеноспектральні дослідження виконувались на електронному ISPM 4610 фірми Jeol. Робочий вакуум був вищим ніж 10^{-7} Па. Точність визначення піків складала 0,1eВ. Калібровка спектрів виконувалась по $Au4f$ -лінії (E=83,3eВ)

Дослідження механічних характеристик виконувались на стаціонарному твердомірі НТ-5010-01 виробництва «Точмашприлад» заводу «Імпульс». Корисне навантаження складало до 1000Н. Для знаходження РV у зразках АМС використовувався метод Віккера в діалоговому режимі.

Результати досліджень

Рентгенофотоелектронні дослідження зразків без попередньої іонної чистки поверхні показали наявність на поверхні значної кількості кисню, вуглецю і заліза. В той же час, згідно спектрів бору,

на поверхні (до $\cong 40^{\circ}A^0$) присутні малі концентрації бору і його з'єднань. Інтенсивність піків рентгенофотоелектронних спектрів кремнію показує, що поверхнева сегрегація кремнію досить суттєва (мал.1).



Мал. 1 Рентгенофотоектронні спектри АМС $Fe_{80}B_{20-x}M_x$ (1-3 різні ділянки аморфної ленти).

Як видно із приведеного малюнку, головний максимум лінії 1S-вуглецю знаходиться біля 284eВ, що характерно для С-С зв'язків. Високоенергетичний пік 287,5eВ вказує на наявність складних вуглецевих зв'язків з характерним подвійним зв'язком $C=O$, що, можливо, зв'язано з високотемпературним прогрівом розплаву при отриманні, так як після іонного травлення цей пік зникає.

Пік кисню характеризується значним розмиттям і свідчить про присутність значної кількості кисню в різних станах. Дослідження декількох зразків даного АМС показує нестехіометричний розподіл елементів по довжині ленти, що пов'язано з різним ступенем окислення по довжині.

Перше іонне травлення на протязі 5 хвилин при 3кВ і 30мА показало, що окислений шар має товщину більшу, ніж вдається знімати іонним травленням. На це вказує значна інтенсивність лінії кисню після травлення. Звертає увагу той факт, що при значних термінах травлення (більше 30 хв) і указаних параметрах іонної пушки спостерігаються мало інтенсивні лінії вуглецю і кисню. Це може свідчити про те, що при даній технології отримання аморфних матеріалів важко досягнути неокисленості елементів.

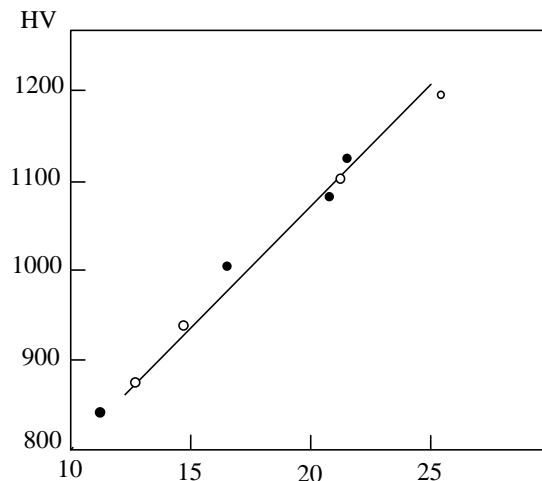
Варто відмінити, що для Si 2p-лінії зберігається постійність інтенсивностей, що вказує на збереження концентрації кремнію по товщині зразка. Наявність характерного піку на спектрі с 1S в області 281,9eВ вказує на наявність фази Si-C, для якої характерно таке положення піка вуглецю. Це тісно пов'язано із тим, що міжатомна відстань Fe-Si більша відстані Fe-B і близька до відстані Fe-Fe.

Внаслідок цього дифузія призводить до того, що атоми Si при формуванні кристалічної структури займають місце атомів заліза.

З електронною структурою матеріалів пов'язані їх механічні характеристики. Аморфні сплави системи $Fe_{80}B_{20-x}Si_x$, як показав Люборський (3), можуть успішно використовуватись як матеріали для сердечників трансформаторів, він обґрунтував це наступними положеннями:

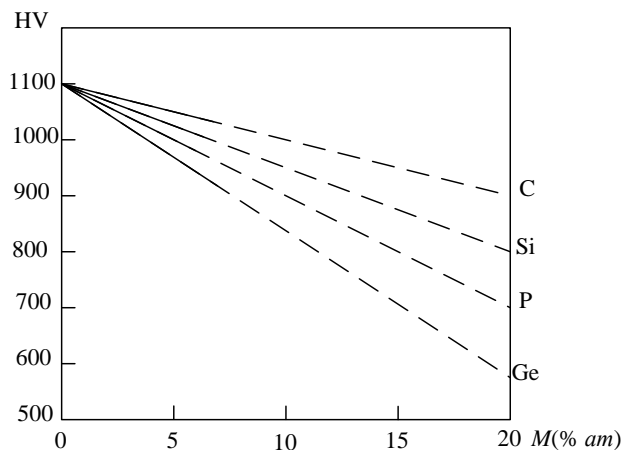
а) втрати на гістерезис і вихрові струми приблизно на порядок нижчі ніж у листових кремністих сталях;

б) завдяки аморфній структурі коерцитивна сила у цих сплавів мала, а максимальна магнітна індукція B_{max} досить велика до 1,5Тл, внаслідок чого і по цих параметрам аморфні сплави на основі заліза не поступаються листовим кремністим сталям. Для їх практичного застосування вкрай важливо дослідити таку механічну характеристику як твердість. Для її вивчення ми дослідили твердість як функцію концентрації бора. Результати приведені на мал. 2.



Мал. 2. Твердість сплавів $Fe_{100-x}B_x$.

Із цього малюнку слідує, що із збільшенням концентрації бора твердість сплавів росте практично лінійно. На мал.3 показано, як змінюється твердість при легуванні другого металоїда (M) в сплави $Fe_{80}B_{20-x}Si_x$. При постійному сумарному вмісті металоїдів $\sim 20\%$ (ост.) твердість сплава сильно залежить від сорту атомів другого металоїда.



Мал. 3. Вплив концентрації металоїдів на твердість HV аморфних сплавів на основі заліза $Fe_{80}B_{20-x}M_x$ ($M = C, Si, P, Ge$)

Твердість завжди знижується при введенні вуглецю, фосфору і германію. Причому можна вважати, що із зміною вмісту другого металоїда твердість АСМ на основі заліза змінюється лінійно. Якщо співставити твердість сплавів, що містять однакові сумарні кількості металоїдів, то можна відмітити, що вона зменшується в ряду $C \rightarrow Si \rightarrow P \rightarrow Ge$.

Висновки

Таким чином, чим вище по періодичній системі порядковий номер групи і періода металоїда, тим нижча твердість сплава на основі заліза. Ця обставина наводить на думку про те, що зміна твердості аморфних сплавів відображає зміну в хімічному зв'язку між металічними і металоїдними атомами. Можна допустити, що в результаті заповнення електронами атомів металоїдів валентних рівнів атомів перехідних металів виникає часткова зв'язаність електронних станів за рахунок Sd-гібридизації в атомах металів і Sp-гібридизація в атомах металоїдів. Ці процеси, імовірно, і визначають твердість і міцність до механічного руйнування аморфних сплавів. Тому і доцільне сумісне вивчення електронної структури АМС, особливо прифермієвської зони, і їх механічних характеристик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильинский А.Г. Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии / Ильинский А.Г., Карбовский В.Л., Шпак А.П.- 8, №3:483 (2010)
2. Карбовский В.Л.. Металофізика, новейшие технологии / Карбовский В.Л., Ильинский А.Г., 34, №1:99 (2012)
3. E.E.Luborsky. Amorphous Ferromagnets in Ferromagnetism Materials. Nanobook on the properties of magnetically Ordered Structures, Ed by E.P.Wohefarth (Nort Publishing Company, 1980,2, Chmp.6.

Касіяненко Василь Харитонович – док.фіз.-мат. наук, професор кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет.

Kasianenko Vasyk Kharitonovich - doctor of physical and mathematical sciences, Professor of the Department of General Physics, Vinnitsa National Technical University.

Бурдейний Володимир Мефодійович - кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет,

Burdeynyy Volodymyr Mefodiyovych - candidate of physical and mathematical sciences, Professor of the Department of General Physics, Vinnitsa National Technical University.