

XXI ЭСІРДІҢ ЖАҢА МАТЕРИАЛЛАРЫ – ЖОҚАРЫ ЭНТРОПИЯЛЫ ҚУЙМАЛАР

Конденсирленген орталықлар физикасының хәм физикалық металл таныўдың фундаментал хәм практикаға бағдарланған мәселелериниң бири - бул керекли физикалық-механикалық, эксплуатациялық, конструкциялық хәм функционаллық характеристикалар комплекслерине ийе болған жаңа металл хәм куйма материалларды пайда етиў хәм оларды алыўдың технологиясын пайда етиўдиң физикалық тийкарларын ислеп шығыў.

Адамзат цивилизациясы материаллардың жетилисиўи менен алға қарап раўажланады. Өз ишине бронза хәм темир дәўирлерин алған Металл дәўири бес мың жылдан берли хәзирге шекем даўам етпекте. Буннан бирнеше онлаған жыл бурын басланған хәзирги Кремний (ярымөткизгишлер) дәўириндеде биз елеге шекем тийкарынан металларға, куймаларға хәм интерметаллидлерге тийкарланамыз. Көпшилик жоқары өнимли металлар соңғы 150 жыл ишинде жаратылды, бул ўақыт бирнеше эсирлерди өз ишине алған Металл дәўирине салыстырғанда оғада қысқа ўақыт.

Жаңа материалларды пайда етиўдеги тийкарғы фактор – олардың химиялық қурамын таңлаў менен байланыслы. Адамзаттың әмелий искерлигиндеги, кейин ала илимий искерлигиндеги ең әхмийетли бағдар сыпатында қәлиплескен материалтаныў илиминиң оғада узақ даўам еткен раўажланыў дәўирине қарамастан көпшилик куймалардың тийкары болып бир ямаса сийрек жағдайларда еки ямаса үш металл болып келди. Олардың ишинде ең көп қолланылып атырғанлары – темир, алюминий, мыс, никель, титан, олово, қорғасын, цинк, магний, ниобий, цирконий, бериллий, соның менен бирге қымбат бағалы хәсыл металлар, қыйын ерийтуғын металлар хәм т.б.

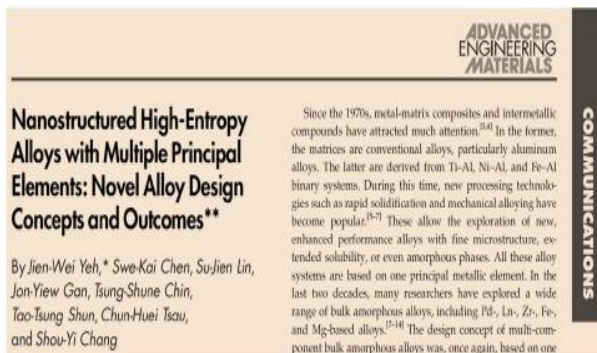
20-шы эсирде тез пәт пенен раўажланып атырған санааттың хәрқыйлы функционаллық хәм конструкциялық материалларға болып атырған талаплары туртки болып жаңа легирленген полатлар хәм куймалар пайда етилди. Сайкес түрде легирлеўши элементлер саны хәм олардың материалдың улыўма массасындағы үлесиде артты. Полат хәм куймалардың айырым маркаларында, эсиресе олардың тат баспайтуғын, ыссылыққа шыдамлы, жоқары беккемликке ийе маркаларында легирлеўши элементлер саны 4 – 5 ке жетти ал массалық үлеси 30-40% болды, жоқары беккемликке ийе алюминий куймаларында легирлеўши 3-4 элементлер болып, олардың массалық үлеси 10-15% болды, латун хәм бронзаларда булар сәйкес 40 хәм 15% болды. Метал элементлер тийкарындағы атомлық тәртиплескен бирикпелердиң кең классы болған интерметаллидлерде легирлеўши элементлер саны 2 – 3 болып, бирақ олардың концентрациясы жоқары 25-75 % болды,

Солай етип 1970 - жылларға келип практикада қолланылып киятырған барлық куймалар олардың қәсийетлери хәм қолланылыўлары бойынша хәрқыйлы көз қараслардан қарағанда толық изертленилип болынды. 30 дан аслам ең кең таралған куймалар системасы исленилип шығылды, олар темир,

мыс, алюминий хэм басқада хәрқыйлы көплеген металлардың комбинацияларынан ибарат еди. Бирақ, усындай куймалардан таярланған үскенелердің анаў яки мынаў тараўда қолланылуларына қойылатуғын талаптарға бул системалар барлық ўақытлары сәйкес келмеди. Сонлықтан, металлар куймасы тийкарындағы жаңа композит материалларды жаратыў хэм излеў бойынша соңғы төрт он жыллықта илимпазлар хэм инженерлер актив жумыслар алып барды. Буның ушын үш жол таңлап алынды: жаңа бирикпелерди пайда етиў, жаңа технологиялық процесслерди (материалларды алыў хэм қайта ислеў) ойлап табыў ямаса хәрқыйлы элементлик бирикпелердің хэм технологиялық процесслердің жаңа комбинацияларын пайдаланыў.

20-шы әсирдің ақырында хәрқайсысының концентрациясы 5 – 35% болған 5 – 6 тийкарғы элементлерден туратуғын полиметалл куймаларды (J.W.Yeh хэм т.б. US 2012/0159914A1 АҚШ патенти) пайда етиў хэм комплекс изертлеў бойынша биринши жумыслар пайда болды. 1998-2003 жыллары Тайван университетиниң илимпазлары жаңа куймаларды ислеп шығыў мақсетинде 5 элементлерди бирдей атомлық пропорциялар менен араластырды, эквимоляр қурамға ийе бул куйма әпиўайы қатты раствор структурасына ийе болатуғынлығын анықлады [1]. Бул куйма басқа метал куймаларға тән болған қасиетлер менен бирге металло-керамикалар ушын тән болған бирқатар әжайып хэм таңсық қасиетлерге, мысалы жоқары қаттылыққа, температураға шыдамлыққа, жоқары беккемликке, коррозияға шыдамлылыққа, желиниўге шыдамлылыққа хэм бирқатар жақсы характеристикаларға ийе екенлиги анықланды. Бул куймалардың айрықша өзгешелиги олар араласыў энтропиясы менен утады, ол интерметаллид фазалардың пайда болыўын болдырмайды хэм әпиўайы қатты растворлардың пайда болыўына ийтермелейди. Сонлықтан шама менен бирдей эквимоляр концентрацияларға ийе, кем дегенде 5 элементлерден туратуғын куймаларды **жоқары энтропиялы куймалар** (высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) – русшасы, high-entropy alloys (HEAs) - инглизшеси) деп атаў усынылды. Жоқары энтропиялы куйма деген атама биринши рет қолланылған илимий мақала 2004 жылы *Advanced Engineering Materials* журналында профессор J.-W.Yeh хэм басқа авторлар тәрәпинен жәрияланды [1]. Мине соннан берли, әсиресе соңғы он жылда улыўма куймалар ишинде бренд болып алған жоқары энтропиялы куймаларға қызығыўшылық кескин артты. Усы ўақытқа шекем жоқары энтропиялы куймалар бойынша жәҳанде жәрияланған барлық илимий мақалардың көпшилик үлеси (70,8 %) Азия континентиндеги елдерде (тийкарынан Қытай хэм Индия) пайда болған илимий мектептерге тийисли, бул жерде әсиресе Тайван илимпазларының үлеси (24,7%) жоқары екенлигин айрықша атап өтиў орынлы. Жоқары энтропиялы куймалар бойынша биринши китап B.S.Murty (Индия), J.-W.Yeh (Тайван), S.Ranganathan (Индия) редакторлығында 2014 жылы Oxford: Butterworth-Heinemann баспасында жәрияланды [2]. Жоқары энтропиялы куймалар тийкарындағы нитридли қапламаларды алыў, олардың қасиетлери хэм қолланылулары бойынша рус тилиндеги биринши үлкен шолыў мақалалары

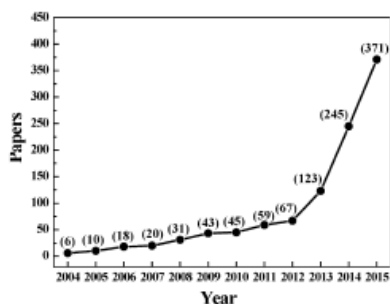
усы тарауда аты TOP 100 ге киретуғын белгили Украиналы илимпаз, профессор А.Д.Погребняк (оның Хирш индекси 33ге тең) хәм оның шәкиртлери тәрәпинен «Успехи химии» журналында хәм «Трения и износ» журналларында 2014- жылы жәрияланды [4,5].



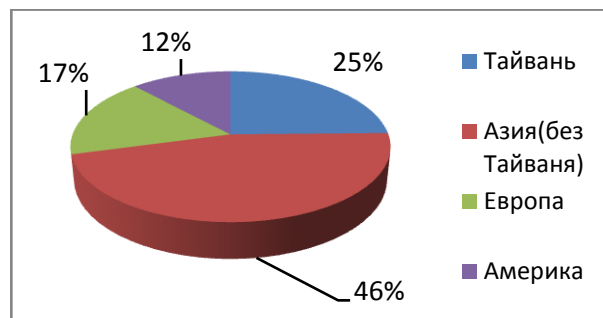
Prof. Jien-Wei Yeh

Жоқары энтропиялы куймаға арналған биринши мақала. *Advanced Engineering Materials. Volume 5, Issue 5, pages 299-303, May, 2004*

Мақала авторы
Prof. J.-W. Yeh, Department of Materials Science and Engineering, National Tsing Hua University



Жоқары энтропиялы куймалар бойынша 2004-2015 жылларда жәрияланған илимий мақалалар санының өсиу динамикасы (<http://www.scopus.com/acceted> 16 January 2016))



Жоқары энтропиялы куймалар бойынша жәрияланған мақалалар авторларының географиясы

Солай етип, соңғы жылларда ишинде (тийкарынан шет ел әдебиятларында) жоқары энтропиялы куймалар бойынша бирнеше шолуу мақалалары пайда болды, оларда жоқары энтропиялы куймалардың ең қызығарлы қәсийетлерине автордың көз қараслары баянланады. Бул жумысларда жоқары энтропиялы куймалардың термодинамикасы тәриплениди, структураны моделлестириу нәтийжелери келтириледи хәм көп компоненталы куймаларды алыу методларының жаңа вариантлары талқыланады. Усы бағдардағы илимий мақалалар ишинен [3] жумысты айрықша атап өтиуге болады, бунда бизлердиң көз қарасымыз бойынша жоқары энтропиялы куймаларды алыудың физикалық принциптери жақсы баянланған, олардың микроструктурасы талқыланады хәм олардың хәрқыйлы тарауларда қолланылуу мүмкиншиликлерине болжаулар

исленеди. Бірақ бул шолыу мақаласында қаралып атырған процесслердің физикалық картинасын толықтырыуы мүмкін болған бір қатар дәуірлі баспада жәрияланған нәтижелер итибардан шетте қалған, бул изертлеулер нәтижелери шолыудың улыума бағдарына үйлеспегенлигинен қаралмаған болыуда мүмкін. Буннан басқа, бул шолыу мақаласында жоқары энтропиялы қуймалардың көп компоненталы қуймалардан тийкарғы өзгешелиги не екенлигинде түсиниу қыйын. Бул жұмыста жоқары энтропиялы қуймалар тийкарында таярланған нитридли ямаса карбидли көп компоненталы қуймалардың талқыланыуына орын берилмеген (бир еки қатардан басқа), олардың артықмашлықлары көрсетилмеген.

Ал [4,5] жұмысларда улыума саны 270 библиографиялық дереклерге талқылаулар исленип, жоқарыда айтылған кемшиликлер сапластырылып жоқары энтропиялы қуймалар тийкарында алынған нитридли қапламалардың физикалық қәсийетлерине, микроструктурасына хәм мүмкін болған қолланылыуларына авторлар көп кеуил аударады. Улыума алғанда жоқары энтропиялы қуймалардың қәсийетлерин үрениуіге арналған Россия хәм Украина илимпазларының жәриялаған 50 ден аслам илимий мақалаларыда үлкен қызығыушылық пайда етеди, әсиресе Харьковта профессор В.М.Бересневтиң, Сумыда (Украина) профессор А.Д.Погребняктың илимий мектеплерине өткен әсирдің 60-шы жылларда ак тийкар салынып, олар қуймалар тийкарында таярланған қапламаларды изертлеу бойынша жер жүзинде үлкен абыройға ийе, қәлиплескен үлкен илимий жәмаатлар болып есапланады. Қуймалардан қаплама алыудың хәзир жер жүзинде таралған вакуум-дугалы технологиясы «Булат» қа Харьков физика-техника институтында 1967-жылы Л.П.Саблев тәрәпинен тийкар салынған еди. 1967-жылы А.А.Романов хәм А.А.Андреевлер қаплама алыу ушын биринши рет вакуум-дуганы пайдаланды, 1970-жылы усы вакуум-дугалы шаңландырғышқа бес шет елдің (АҚШ, Уллыбритания, Франция, ФРГ, Япония хәм Италия) патентлерин алады, пуўланыушы катод сыпатында графитти қолланып олар биринши рет алмаз тәризли углеродтан қаплама алады (тилекке қарсы бул сол ўақытлары үлкен сыр болғанлықтан бул жұмыслар жәрияланбай қалады). Тап усы жылы олар тәрәпинен молибден нитриди (Ti 0,18%, Zr 0,68%) деп аталған қуймадан қаплама алыуға ериседи. Бул қапламалардың микроқаттылығы 32-36 ГПа болып, массив материалдың қаттылығынан 5-6 есе жоқары болып шықты. Бул қапламаларды хәзирги ўақытлары наноструктуралы қапламалар деп атайды. XX әсирдің 70-ши жылларының ақырында хукимет бул технологияны Батысқа ашыуды уйғарады. 1979-жылы американың «Noblemet International» фирмасының баслығы Джозеф Фильнер (H. Joseph Filner) сол ўақыттағы Аўқам елимизде хызмет сапарында жүргенинде тосыннан усы технология хәккында еситип қалады, бул технологияның метал кесиуши әсбаптарды беккемлеу ушын санаатта табыслы қолланылып атырғанлығын көреді. Нәтижеде усы фирма менен хукимет арасында лицензиялық келисимге қол қойылады хәм бул технологияны Батыста ендириу ушын басқа инвесторлар менен бирликте «Multi-Arc Vacuum Systems» (ямаса «MAVS») фирмасы арнаулы турде

ашылады. Солай етип «MAVS» фирмасына полаттан исленген кесіуіші эсбапларға TiN капламасын шөктириуі үскенесиниң лицензиясы хәм технологиясы сатып жибериледи. Бул фирманың дәраматы еки жылдың ишинде нолден 5 млн АҚШ долларына артады. Келисимниң тәсир етиуі аймағы Арқа Американың, Европаның хәм Азияның 40 мәмлекетин өз ишине алады. 1980-1985 жыллары лицензияға берилген «Булат» технологиясы илимпазлар хәм инженерлер тәрөпинен қайта жетилистириледи, оған жәхәнның 15 елинен 36 патент алынады.

Мине усы фактлерден көринип турғанындай илим хәм жаңа технологиялар тақыр жерде раўажланбайды хәм жаңа материаллар пайда болмайды, илим раўажланыуы ушын илимий мектеплердиң пайда болып қәлиплесиуі ушын мүмкин болған барлық шараятлар жаратылыуы керек. Хәқыйқый илимий мектеп бар жерде илим менен өндиристиң арасында бирге ислесиуде пайда болады. Күшли илимий мектептер хәм орайлар менен тығыз илимий байланыслар болыуы керек, егер усындай байланыслар, бирге ислесиулер болмаса бар болған илимий дәрежемиз суўғарылмай қалған қаўынның пәлегиндей болып жоқ болып кетеди, ақыбетинде хәшқандай хәзирги заман технологиясында, жаңа материалларда, илимий кадрларда елимизде пайда болмайды, заманагөй технологияларды шет еллерден сатып алыу менен шекленемиз. Хәзирги бизнескеде қолайлысы усы болып тур, жоқары технологиялардың тийкарын салыушы болған физика, химия хәм биология сыяқлы фундаментал илимлерди елимизде раўажландырыуға олар қызықпайды, оның орнына технологияларды шет елден сатып алыу бизиң ушын арзанға түсип турған сыяқлы.

Әдебиятлар

- [1] J. W. Yeh, S. K. Chen, S. J. Lin, J. Y. Gan, T. S. Chin, T. T. Shun, C. H. Tsai, and S. Y. Chang. Nanostructured High-Entropy Alloys with multiple principal Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes: Advanced Engineering Materials, Volume. 6, Issue 5, (2004), p. 299-303.
- [2] High-Entropy Alloys. By B.S.Murty, J.-W.Yeh, S.Ranganathan. 2014, Oxford: Butterworth-Heinemann, 204 p.
- [3] Y.Zhang, T.T.Zuo, Z.Tang, M.C.Gao, K.A.Dahmen, P.K.Liaw, Z.P.Lu. Microstructures and properties of high-entropy alloys. Review article. Progress in Materials Science. 2014, Volume 61, p.1-93.
- [4] А.Д.Погребняк, А.А.Багдасарян, И.В.Якущенко, В.М.Береснев. Структура и свойства высокоэнтروпийных сплавов и нитридных покрытий на их основе. Успехи химии, 2014, Том 83, № 11, с.1027-1061
- [5] А.Д.Погребняк, А.В.Пшик, В.М.Береснев, Б.Р.Жоллыбеков. Защита образцов от трения и износа с помощью многокомпонентных и нанокompозитных покрытий на основе титана (обзор). Трение и износ, 2014, Том 35, № 1, с. 72-86.

Бахыт Жоллыбеков,

Үлкен илимий хызметкер-изертлеуші

bahytj@gmail.com