*Технические науки/металлургия*

*УДК 536.212.2*

**т.ғ.к. Нұрмұханова А.З., ф.-м.ғ.к. Мухтарова М.Н., Нұрсейтова А.Қ.,**

**Зульбухарова Э.М., Конакбаев Б.О., Ермаганбетова С.Д.**

*әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.*

**АЛЮМИНИЙДІҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Берілген мақалада жоғары электрөткізгіштік, коррозияға беріктілік қасиетке ие алюминидің физика-механикалық, технологиялық қасиеттері зерттелінген, сипаттамалары келтірілген. Жұмыста Халықаралық 11069-2001 МемСТ мен  [4784-97](http://vsegost.com/Catalog/90/9032.shtml" \t "_blank) МемСТ сәйкес алюминидің маркасы, тазалығы мен қолдану аясы келтірілген кесте берілген. Авторлар ортаға, бірінші текті алюминиді тазалау дәрежесіне сәйкес алюминидің негізгі физикалық, механикалық қасиеттері мен орнықтылығы талданған, осыған сәйкес алюминиді МемСТ [11069-2001](http://vsegost.com/Catalog/62/6208.shtml" \t "_blank) бойынша жоғары және техникалық таза деп жіктейді. Техникалық алюминиге [МемСТ 4784-97](http://vsegost.com/Catalog/90/9032.shtml" \t "_blank) сәйкес АД, АД1, АД0, АД00 маркалы алюминий жатады. Сонымен қатар электролизбен балқыту арқылы алынатын барлық маркалы техникалық алюминий қарастырылады. Ал тазалығы жоғары алюминиді техникалық алюминиді қосымша тазарту арқылы алады. Техникалық және тазалығы жоғары алюминий арасындағы негізгі практикалық айырмашылығы негізделеді. Мұның өзі кейбір орталарға қатысты коррозиялық ерекшеліктерге байланысты. Сонымен қатар жұмыста арнайы мақсатта тазалығы жоғары алюминий алюминий құймаларының, кабельді-желілі өнімдер үшін арналған алюминий түрлері келтірілген. Сондай-ақ хром, марганец пен титанның ток өткізгіштерін жасауға бағытталған алюминидің электр өткізгіштігіне әсері қарастырылған.

***Түйін сөздер:*** алюминий, физикалық-механикалық қасиеті, жылу өткiзгiштiк, электр өткiзгiштiк, техникалық алюминий, табиғи қоспалар, темiр, иiлгiштiк, тоттану төзiмдiлiгi, қызу, рекристаллизация күйдiруi.

**Кіріспе**

Алюминийдің физика-механикалық және технологиялық қасиеттері оның көрінісі мен қоспаның санына тәуелді, таза металлдың төмендеуіне байланысты. Физика-механикалық және технологиялық қасиеттерін көтеру үшін алюминийді түрлі элементтермен (Си, Mg, Si, Zn) байланыстырады. Темір мен кремний алюминидің түпкілікті қоспалары болып табылады.

Алюминий жоғары электрлік және жылуөткізгіштікпен, коррозия ұстағыштығымен, иілгіштігімен, суықұстағыштығымен сипатталады. Алюминидің ең маңызды сипаты оның тығыздығының аздығы (шамамен 2.70 г/куб.см). Алюминийдің балқуының температурасы  660ºС [1] болады. Алюминийдің физика-механикалық және технологиялық қасиеттері оның көрінісі мен қоспаның санына тәуелді, таза металлдың төмендеуіне байланысты. Негізгі табиғи қоспалармен алюминида темір және кремни болып табылады. Темір, айталық, - Al түрінде Fe дербес фазасының қатыса, электрөткізгіштікті және коррозия қажырлылықты төмендетеді, илемділікті аздырады, бірақ алюмининың беріктігі бірнеше есе жоғарылайды.

**Теориялық есептер**

Алюминидің физика-механикалық және технологиялық қасиеттерінің теңдеуі температураның әсерінен материалдың өзгеруі-бұл кейбір жағдайларда маңызды белгілеулерде көптеген құбылыстар мен теориялық есепте кернеу мен көлденең күшке байланысты. Арада электрөткізгіштік, механиуалық беріктілік, қажалуы, жылжығыштығы болады. Алюминийдің алғашқы таза дәрежесінің тәуелділігі алюминийді жоғары және техникалық таза деп ажыратады (ГОСТ 11069-2001) [2]. Техникалық алюминийға да маркалар маркетингпен қарайды АД, АД1, АД0, АД00 (ГОСТ 4784-97) [3]. Барлық марканың техникалық алюминидың кристал-глиномдық балқудың электролизімен алады. Жоғары таза алюминийды техникалық алюминийдің таза қосымшасынан алады.

1- кестеде көрініп тұрғандай алюминийдың маркасының үлкен бөлігі туралы қысқа ақпарат келтірілген, ал оның негізгі қоспасының мазмұны кремний мен темір көрсетілген.

1-кесте алюминий маркаларының үлкен бөлігі [4]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Маркасы** | | **Al, %** | | **Si, %** | | **Fe, %** | | **Қолданылуы** |
| **Алюминийдің жоғары тазасы** | | | | | | | | |
| **А995** | | **99.995** | | 0.0015 | | 0.0015 | | -Химиялық аппаратурасы  -Фольга электржинағыштың айнала қоршаулары үшін  - Арнаулы мақсаттар |
| **А98** | | **99.98** | | 0.006 | | 0.006 | |
| **А95** | **99.95** | | 0.02 | | 0.025 | |  |
| **Алюминийдің технкалық тазасы** | | | | | | | | |
| **А8 АД000** | | **99.8** | | 0.10  0.15 | | 0.12  0.15 | | -Собалақ кабелдік-жолсеріктің өнімінің өндірісі үшін (из А7Е и А5Е).  - Шикізат алюминии құйындының өндірісі үшін  - Фольга  -Жалдау (шыбықтар, таспалар, парақтар, сым, құбырлар) |
| **А7  АД00** | | **99.7** | | 0.15  0.2 | | 0.16  0.25 | |
| **А6** | | **99.6** | | 0.18 | | 0.25 | |
| **А5Е** | | **99.5** | | 0.10 | | 0.20 | |
| **А5    АД0** | | **99.5** | | 0.25  0.25 | | 0.30  0.40 | |
| **АД1** | | **99.3** | | 0.30 | | 0.30 | |

1-кесте алюминий маркаларының үлкен бөлігі.

Басты практикалық айырымды техникалық және жоғары тазартқыштық алюминиймен кейбір ортада коррозия ұстағыштығының арасынығы байланысты болады.

Табиғи нәрсе алюминидің алғашқы таза дәрежесі көп болса, соғұрлым қымбат.

Арнайы мақсаттарда жоғары таза алюминий пайдаланылады. Алюминий қоспасын өндіру кабельдік-жолсеріктің өнімі және техникалық алюминиді жалға пайдалану. Алюминийдің ең маңызды сипаты жоғары өткізгіштігі, күмісте, мыстан және алтыннан кем түспейді. Жоғары электр өткішгіштігі аз тығыздықтағы алюминийды мыспен кабельді-жолсерік өнімдерімен бәсекеге қояды.

Электрөткізгіштігі алюминидан басқа темір және кремниінің хром, марганец, титан өте қатты әсер етеді. Сол себепті алюминий дайын жолсерік тогы үшін, тағы бірнеше қоспаның мазмұнын реттейді. Осылай А5Е маркасының алюминийының 0.35% темір, кремний 0.12%, Cr+V+Ti+Mn қоспасының соммасы небәрі 0.01% ғана керек орындалады. Электрөткізгіштік материалдық күйіне тәуелді болады. Ұзақ босаңдату 350ºС өткізгішті жақсартады, ал өткізгіштік аздырады.

Үлесті злектр қарсылықтың аумағы 20ºС температурада Ом\*мм2/м немесе мкОм\*м: 0.0277–сым темір алюминий маркасы А7Е, 0.0280-НВ алюминиййдің қаттылығы:

деформацияланған 25-35

құймалы 13-25

20оС тағы жылуөткізгіштік, кал/(см, сек, град) 0,52

20-100о ұзындықтық кеңейту коэффиценті, 1/град 23,8. 10-6

Алюминийдің майысқақтығының шегі, кг/мм2 3-4

Алюминийдің аққыштығының шегі

деформацияланған 12

20оС тағы жылжудың модулі, кг/мм2 2760  
 15оС жылжып сырғымалаудың шегі, кг/мм2 5   
 Алюминийдің салыстырмалы тарылуы, %:

деформацияланған 50-60

Литолы алюминий сығылуының беріктілік шегі, кг/мм2 42  
 Құймалы алюминийдің серпімділігінің тұтқырлығы, кг, м/см2 14

Алюминийдің қатты созымдылығы бұйымның фольгасын терең сығындымен жасап, шегелеу үшін пайдаланылады.

Техникалық тазалықтың алюминийі үлкен температураларда морттықты айқындайды. Өңдеуді кесу өте төмен.

Рекристализация босаңдатуының қызуы 350-400 ºС, босату температурасы – 150ºС.

0.0280-A5E маркалы алюминийдан жасалған проволок және 0,0290-пресстеуден кейінгі терможасағышсыз АД0 маркалы алюминийдан жасалғанын білдіреді. Осындай жағдаймен, алюминийден жасалған өткізгіштердің жекеленген электр қарсыласуы жезден жасалған электр қарсыласудан 1,5 есе жоғары. Сәйкесінше алюминийдің электрөткізгіштігі жез элетрөткізгіштігінің 60-65% құрайды. Алюминийдің электрөткізгіштігі қоспалардың санының кемуінен артады. 20ºС температурада алюминийдің электрөткізгіштігі 0.50 кал/см\*с\*С болады, және металлдың жиілігі артқан сайын өзгеріп отырады. Алюминий жылуөткізгіштік жағынан күміспен жезден кейінгі орынды алады. Алюминийдің жылусиымдылығы жоғары (0.22 кал/г\*С). Баска металлдарға қарағанда бұл өте жоғары. Мәселен, жездіңкі-0,09. Балқудың жеке жылуы да сондай-ақ өте жоғары (93 кал/г). Алюминийдің сәулелену қабілеті оның жиілігіне байланысты. Алюминилі фольганың жиілік коэфициенті-99.2%, ал ақ түсті сәулелену коэффициенті-75%, ал алюминий қосылған фольгада-99.5% сәулелену бұл кезде 84%.

**Тәжірибелік берілгендер**

Металдардың арасында электрөткізгіштігі жағынан алюминийдің тәжірибелік мәндері күміспен жезден кейінгі 3-ші орынды алады. Салмағының жеңілдігіне қарамастан алюминийдің өткізгіштігі жездің өткізгіштігіне қарамастан 2 есе көп. Осы көрініс бізге экономикалық жағынан тиімді, өйткені алюминий өткізгіштерді жасауға арналған материал ретінде қолданылады. Алюминий корозия арқылы бақыланады. Сол себептен де оның тұрақтылығы, әр түрлі ортада бақылануы, салмағының өзгеріп отыру салдарынан емес, коррозияның пайда болу жылдамдығынан емес, ол механикалық құрылымының өзгеріс әсерінен болады. Жиілікке тәуелді техникалық алюминийдің коррозиялық тұрақтылығы мына ретте кемиді: A8 және АД000, А7 және АД00, А6, А5 және АД0, АД1, А0 және АД. 100ºС-тан жоғары температурада алюминий хлормен өзара әсерлеседі. Алюминий көмірсутегімен әсерлеспейді, бірақ жақсы араластырады, сондықтан да ол алюминийдегі негізгі газды құрайды. Алюминийге кері әсерін тигізуші ол су буы, және ол 500ºС диссосацияланады. Төменгі температуралардағы бу мәнсіз болып табылады. Алюминий келесі орталарда шыдамды болады: атмосферада, 180°С температураға дейінгі тығыздалған су. Коррозия жылдамдығы аэрация әсерінен үлкейеді. Олар тұз қышқылы мен сода, теңіз суы, концентрленген азот қышқылы, натридің тұз қышқылы, магнии, аммония, гипосульфит 2-кесте көрсетілген [1].

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Ед. изм. | Деформацияланған |
| Предел текучести σ0.2 | кгс/мм2 | 8 – 12 |
| Предел прочности при растяжении σв | кгс/мм2 | 13 – 16 |
| Относительное удлинение при разрыве δ | % | 5 – 10 |
| Относительное сужение при разрыве | % | 50 – 60 |
| Предел прочности при срезе | кгс/мм2 | 10 |
| Твердость | НВ | 30 – 35 |

Алюминий мына ортада тұрақсыз: араластырылған азот қышқылы, тұз қышқылы, бромистерленген қышқыл, спирт қыщқылы. Көптеген техникалық металлдардың байланысы және алюминий ерітіндісі анодом ретінде жүреді. Сонымен қатар оның коррозияға ұшырауы үлкейтіледі. 20°С температурадағы техникалық алюминийдің қаттылығы E = 7000-7100 кгс/мм2 . Алюминийдің жиілігі жоғарылаған сайын шамасы азая түседі (6700 для А99). Қозғалыс модулі G =2700 кгс/мм2. Техникалық алюминийдің механикалық құрылымының негізгі параметрлері 2-кестеде келтірілген.

Келтірілген көрсеткіштер ориентирленген:

1. Қоспалар көп болған сайын, соғұрлым оның қаттылығы да пластикалығы да артады. Мәселен алюминий қаттылығы-А0 – 25НВ үшін, А5 – 20НВ, ал жиілігі жоғары алюминий үшін А995 – 15НВ. Осы жағдайлар үшін оның ұстамдылығы: 8,5; 7.5 и 5 кгс/мм2, ұзындығы 20; 30 и 45% сәйкесінше мынаған тең.

2. Деформацияланған алюминийдің механикалық құрылымы деформация дәрежесіне байланысты, және оның өлшеміне сай. Мысалы, созылу шегі 15-16 кгс/мм2, ал сым үшін 8 – 11 кгс/мм2. Бірақ кез-келген жағдайда алюминий жұмсақ әрі ұстамдылығы жоқ металл. Алюминийдің төменгі шекті ағылуы: 20ºС - 5 кгс/мм2, ал 200ºС - 0.7 кгс/мм2  тең болады.

Алюминийдің негізгі механикалық және физикалық құрылымдары [5]:

Атомдық масса 26,98

20оС, г/см3-дағы тығыздығы 2,7

Температура, oС

Еру 660

Қайнау 2497

Жасырылған жылулық еру 92,4

20оС, кал/ (г, град) жылусиымдылық 0,222

20оС, Ом, мм2/м электр қарсыласу 0,027-0,030

Қолданған әдебиеттер тізімі:

1. <Http://normis.com.ua/>.
2. GOST 11069-2001 interstate standard. Primary aluminum. Stamps. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.
3. GOST 4784-97 interstate standard. Aluminum and wrought aluminum alloys. Stamps. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. Minsk.
4. Chemical composition of primary aluminum in accordance with GOST 11069-74.
5. <Http://weldingsite.com.ua/alumin.html>.

**к.т.н. Нурмуханова А.З., к.ф.-м.н. Мухтарова М.Н., Нурсейтова А.Қ.,**

**Зульбухарова Э.М., Конакбаев Б.О., Ермаганбетова С.Д.**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЯ**

В данной статье исследуются физико-механические, технологические свойства, приводится характеристика алюминия высокой электро-теплопроводности, коррозионной стойкости. В работе приведены таблицы согласно Межгосударственным [ГОСТам 11069-2001](http://vsegost.com/Catalog/62/6208.shtml) и [4784-97](http://vsegost.com/Catalog/90/9032.shtml), в которых указана марка, чистота и область применение алюминия. Авторами анализируются основные физические, механические свойства и устойчивость алюминия в зависимости от среды, от степени очистки первичного алюминия, которые разделяют на алюминий  высокой и технической чистоты в соответствии с ([ГОСТ 11069-2001](http://vsegost.com/Catalog/62/6208.shtml)) и технического алюминия, к которому относятся марки с маркировкой АД, АД1, АД0, АД00 в соответствии с [ГОСТ 4784-97](http://vsegost.com/Catalog/90/9032.shtml), а также рассматривается технический алюминий всех марок получающий путем расплава электролизом, а алюминий высокой чистоты получают дополнительной очисткой технического алюминия. Обосновывается главное практическое различие между техническим и высокоочищенным алюминием, которое связано с отличиями в коррозионной устойчивости к некоторым средам, анализируется степень очистки алюминия, чем выше степень, тем он и естественно дороже в цене. В работе в специальных целях приводится  алюминий высокой чистоты, для производства алюминиевых сплавов, кабельно-проводниковой продукции и проката, которые используется для технического алюминия. Рассматривается влияние хрома, марганца и титана на электропроводность алюминия, предназначенного для изготовления проводников тока, регламентируется содержанием ещё нескольких примесей.

***Ключевые слова:*** алюминий,физико-механические свойства,теплопроводность, электропроводность, технический алюминий, естественные примеси, железо, пластичность, коррозионная стойкость, температура, рекристаллизационный отжиг.

**Candidate of technical sciences Nurmukhanova А.Z., Candidate of physical and mathematical sciences Mukhtarova M.N., Nurseytova A.K., Zulbuharova E.M., Konakbaev B.O., Ermaganbetova S. D.**

**RESEARCH OF PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINIUM**

This paper investigates the physical, mechanical and technological properties, the characteristics of high aluminum electro- thermal conductivity, corrosion resistance. The paper presents a table according to GOST 11069-2001 Interstate and 4784-97, which contains the mark, cleanliness and area use of aluminum. The authors analyze the main physical and mechanical properties and stability of aluminum depending on the environment, the degree of purification of primary aluminum, which is separated into aluminum and high technical purity in accordance with (GOST 11069-2001 ) and technical aluminum, which includes the brand labeled AD AD1, AD0, AD00 in accordance with GOST 4784-97, and discusses technical aluminum all grades prepared by melt electrolysis and high purity aluminum obtained additional purification of industrial aluminum . Substantiates the main difference between the practical and technical high-purity aluminum, which is associated with differences in the corrosion resistance in some environments, analyzed the degree of purification of aluminum, the greater the degree, and so it is naturally more expensive in price. In this paper special purposes a high purity aluminum for the production of aluminum alloys, cable and wire products and rolled products, which is used for industrial aluminum. We consider the effect of chromium, manganese, and titanium on the electrical conductivity of aluminum, designed for the manufacture of current conductors, regulated content has more impurities.

***Keywords***: aluminum, physical-mechanical properties, thermal conductivity, electrical conductivity, technical, aluminum, natural impurities, iron, ductility, corrosion resistance, temperature, recrystallization annealing

