

Электротехникалық мақсаттағы алюминийден жасалған заманауи материалдарға шолу

¹**ИБАТОВ Марат Кенесович**, т.ғ.д., профессор, Басқарма төрағасы – Ректор, m.ibatov@bk.ru,

^{1*}**СҰЛТАНБЕК Тоғжан Жұртшыбайқызы**, докторант, togzhan-sultanbek@mail.ru,

¹**ДОСТАЕВА Ардак Мухамедиевна**, PhD, доцент м.а., ardak_erkekyz@mail.ru,

²**БЕЛОВ Николай Александрович**, т.ғ.д., профессор, belov.na@misis.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Ұлттық зерттеу технологиялық университеті «Болат және қорытпалар Мәскеу институты», Ресей, Мәскеу, Ленин даңғылы, 4,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада электротехникалық мақсаттағы алюминийден жасалған заманауи материалдарға толық шолу жасалды. Сондай-ақ қазіргі заманғы отандық және шетелдік алюминий қорытпаларының физика-химиялық, физика-механикалық, технологиялық және пайдалану қасиеттері бойынша талдау қаралды. Энергия бағасының тұрақты өсуі жағдайында жоғары механикалық беріктігі мен икемділігі, төмен тығыздығы, жоғары коррозияға төзімділігі, ыстыққа төзімділігі және басқа да бірқатар ерекше сипаттамалары бар алюминий қорытпаларын кеңінен қолданған жөн. Алюминий қорытпаларынан жасалған бұйымдарды тұтынудың өсуі сөзсіз қайталама қорытпаларды алу үшін қолданылатын өндіріс қалдықтарының жиналуына әкеледі. Қазіргі уақытта әуе желілерін өткізу қабілетін арттыру үшін темір қоспасы бар төмен қоспаланған алюминий қорытпалары пайдаланылады, олар өткізгіш алюминий қорытпаларының дәстүрлі маркаларына қарағанда жоғары жылу тұрақтылығына ие.

Кілт сөздер: алюминий қорытпалары, темір, ыстыққа беріктік, фазалық күй, күй диаграмма, шихта, әуе желілері, цирконий, қорытпа, электр өткізгіштігі.

Кіріспе

Машина жасаудың, аэроғарыштық техниканың, электр энергиясын тарату және беру жүйелерінің үнемі дамуы жұмыс қасиеттеріне қойылатын талаптардың артып келе жатқаны жаңа функционалды материалдарды жасауды өзекті етеді, атап айтқанда өткізгіш-кабель өнімдерін өндіруде қолданылатын алюминий қорытпалары үшін жұмыс температурасының 200-250°C-тан жоғары болуы және бөлме температурасында беріктік сипаттамаларына ие болуы талап етіледі.

Электр энергиясын тұтынудың артуына байланысты электр тоғын беретін әуе желілерінің өткізу қабілетін ұлғайтуға қажеттілік туындайды. Әуе желілерінің өткізу қабілетін арттыру алюминий қорытпасынан және болат өзекшеден тұратын кабельдің көлденең қимасы ауданында алюминий қорытпасының үлесін арттыру немесе кабельдің жұмыс температурасын (ыстыққа төзімділік, өйткені ток күші жоғарылаған кезде жылу байқалады) жоғарылату есебінен жүзеге асырылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Электр тоғын беретін әуе желілері электр энергиясын ашық ауада орналасқан, тіректер мен

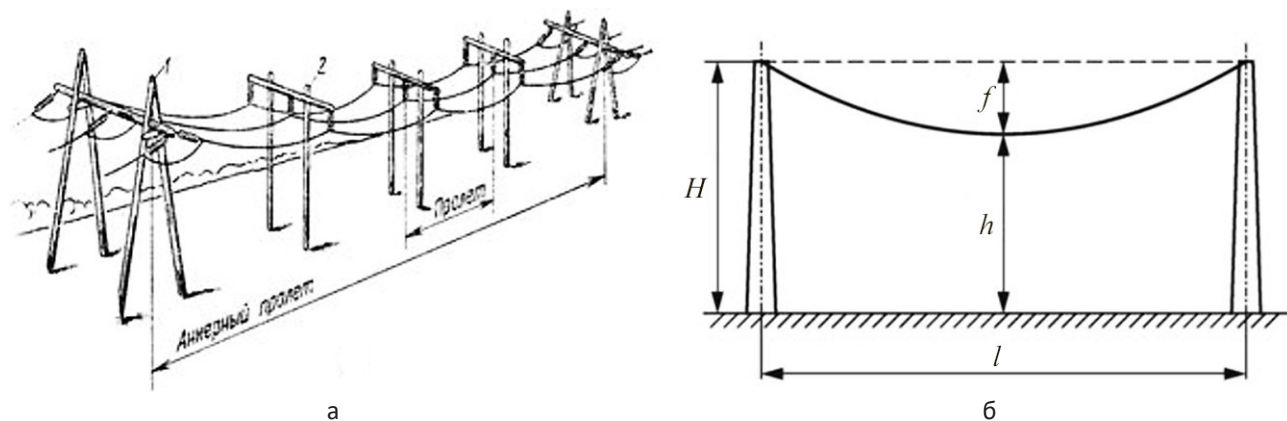
оқшаулағыштардың көмегімен ұсталатын сымдар арқылы беруге және таратуға арналған. Әуе желілері әртүрлі климаттық жағдайларда және географиялық аудандарда салынып, пайдаланылады, атмосфералық әсерге ұшырайды (жел, көктайғақ, жаңбыр, температураның ауытқуы). Соған байланысты әуе желілері атмосфералық құбылыстарды, ауаның ластануын, төсем жағдайларын, оның ішінде нашар қоныстанған жер, қала аумағы, кәсіпорын жағдайларында) және т.б. ескере отырып салынуы тиіс. Пайдалану жағдайларын талдаудан әуе желілерінің материалдары мен конструкциялары бірқатар талаптарды қанағаттандыруы керек: экономикалық тұрғыдан қолайлы құны, жақсы электр өткізгіштігі және сымдар мен кабельдер материалдарының жеткілікті механикалық беріктігі, олардың коррозияға, химиялық әсерлерге төзімділігі және де желілер электрлік және экологиялық таза болуы керек.

Оқшауланбаған сымдардың құрылымдық дизайнының сұлбалық диаграммасы 2-суретте көрсетілген. Әуе желілері кернеуінің әр класы үшін сымның белгілі бір түрі сәйкес келеді. Сонымен, кернеуі 35 кВ-тан жоғары әуе желілері тек болат алюминий сымдарын пайдалануға мүмкіндік бе-

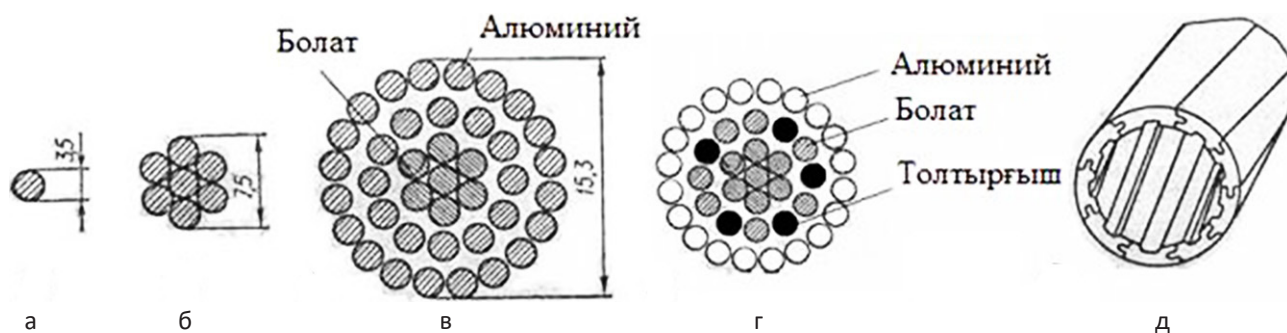
реді (2-сурет (в), (г)), мұнда бірнеше сымнан тұратын болат өзегі ең алдымен механикалық беріктікті қамтамасыз етеді. Айта кету керек, өзін-өзі қамтамасыз ететін оқшауланған сымдар (SIP, кернеуі 0,38-10 кВ) кеңінен таралған, олардың негізгі мақсаты өзін-өзі қамтамасыз ететін болат алю-

миний сымдары мен алюминий фазалық сымдарынан тұрады [2].

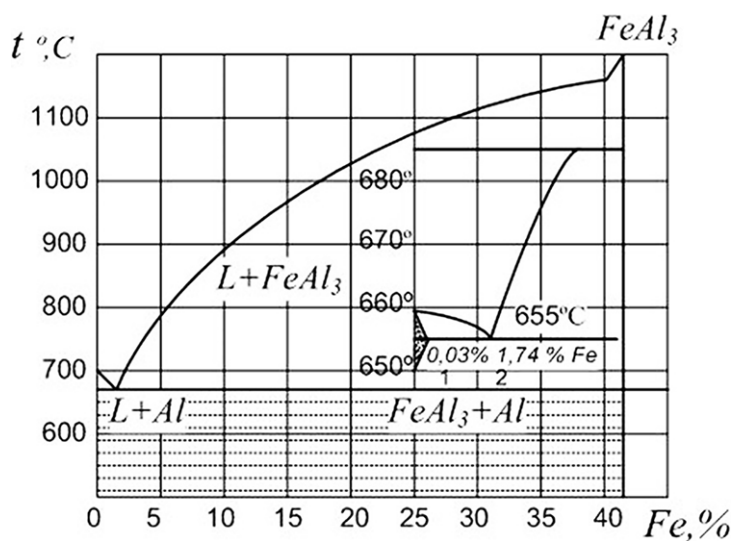
Жұмыста төмен легіріленген алюминий қорытпалары өткізгіш ретінде қарастырылатындықтан, алюминий бұрышының күй диаграммаларын талдау практикалық қызығушылық тудырады.



1-сурет – Бір тізбекті әуе желісінің конструкциялық сұлбасы: (а) 1 – анкерлік тірек, 2 – аралық тірек, (б) Әуе желілерінің габариттік аралығының негізгі сипаттамалары



а – бірсымды; б – көпсымды; в – болаталюминий; г – толтырғышы бар көпсымды; д – қуыс
2-сурет – Оқшауланбаған әуе желілері сымдарының конструкциялары



3-сурет – Al-Fe күй диаграммасы

Бұл күй диаграммасына жеткілікті зерттеулер арналған, өйткені темір алюминийде міндетті түрде кездесетін қоспа болып табылады.

Al-Fe жүйесі $L \rightarrow (Al) + FeAl_3$ эвтектикалық тепе-теңдіктің болуымен, алюминийдің балқу температурасына жақын температурада және алюминийдің қатты ерітіндісінде темірдің аздап ерігіштігімен сипатталады, ол температураның төмендеуімен өзгереді. Эвтектика температурасы 646-655°C аралығында, эвтектика нүктесінің концентрациясы 1,7-2,5 мас % Fe аралығында болады.

Эвтектикалық нүктенің орналасу белгісіздігі $FeAl_3$ фазасының эмбриондарының түзілу қиындығымен түсіндіріледі, бұл дегенерацияланған эвтектиканың пайда болуына 0,062 мас. сол кезде 652°C ықпал етеді, қатты алюминийдегі темірдің максималды ерігіштігі шамамен 0,03% құрайды.

Эвтектикалық кристалданудың жетекші кезеңі $FeAl_3$ (40,7% Fe) қосылысы болып табылады. Бұл қосылыс 1147°C кезінде тікелей қорытпадан түзіледі, $a=15,487 \text{ \AA}$, $b=8,0831 \text{ \AA}$, $c=12,476 \text{ \AA}$; $\beta=107^\circ 43'$ параметрлерімен моноклиникалық торы (C 2/m кеңістік тобы) болады.

Алайда, бұл жүйеде, гипотермияның жоғары деңгейіне байланысты $FeAl_3$ орнына $FeAl_6$ метатұрақты қосылыстың пайда болуы мүмкін ($V_c \geq 10^\circ\text{C/c}$ кристалдану жылдамдығы). Метатұрақты фаза $FeAl_6$ (25,6% Fe) бар орторомбалық тор (кеңістіктік тобы C mcm, 28 атом бірлік ұяшықта) параметрлері: $a=6,492 \text{ \AA}$, $b=7,437 \text{ \AA}$, $c=8,788 \text{ \AA}$; изоморфты қосылу $MnAl_6$ болады.

Меншікті электр кедергісі 0,05% Fe концентрациясында шамамен 27,5 мкОм·мм-ге (2,75·10–8 Ом·м) дейін және 1% Fe кезінде 29,0 мкОм·мм-ге (2,9·10–8 Ом·м) дейін артады, қорытпада күйдірілген күйде темірдің шағын қоспаларын енгізуден электр кедергісінің өзгеруі аз байқалады.

Темір қоспасының механикалық қасиеттерге әсері қаттылықты арттыратын, бірақ икемділікті төмендететін өрескел морфологияның кристалдану фазаларының пайда болуына байланысты қолайсыз. Деформациядан кейінгі күйде темірдің дисперсті бөлшектері біркелкі бөлінеді және Al-Fe жүйесіне негізделген қорытпалар 1-кестеде келтірілген келесі механикалық қасиеттерге ие.

Темірдің механикалық қасиеттеріне теріс әсеріне қарамастан, оның қоспасы дән мөлшерін азайтып, қайта кристалдану температурасын

жоғарылатуы мүмкін – темірдің концентрациясы неғұрлым жоғары болса, қайта кристалдану температурасы соғұрлым жоғары болады. Бұл әсер, әдеби мәліметтерге сәйкес, $FeAl_3$ бөлшектерінде дислокацияның шоғырлануымен байланысты, бұл дәннің өсуіне кедергі келтіреді.

$FeAl_3$ фазасын ерітіндідегі темірдің тепе-теңдік мөлшері (~0,04%) бар қорытпалардағы қатты ерітіндіден бөлу өте баяу жүреді және іс жүзінде қолайлы уақытта ыдырауды қамтамасыз ету үшін 227-327°C дейін қыздыруды немесе қарқынды қатауды қажет етеді.

Темір мен кремний алюминийдегі еріксіз қоспалар болып табылады, олардың құрамы электр техникалық мақсаттағы қорытпаларда, ең алдымен, нақты электр кедергісіне теріс әсер етуіне байланысты қатаң шектелген. Сондықтан Al-Fe-Si үштік күй диаграммасын талдау ерекше назар аударуға тұрарлық.

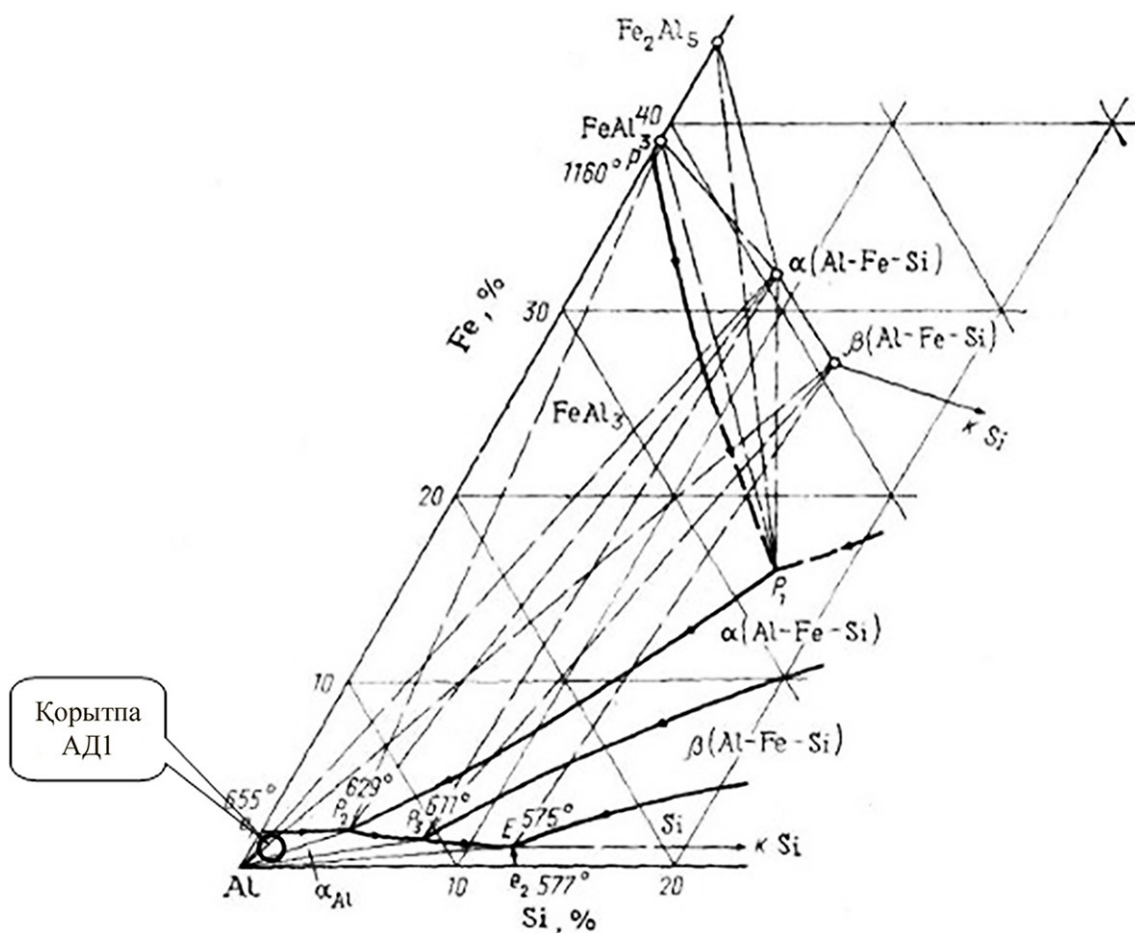
Әдеби деректерге сүйенсек, алюминий қатты ерітіндісімен тепе-теңдік фазалары (Si), Al_3Fe , Al_8Fe_2Si , Al_5FeSi . Al-Fe-Si диаграммасының жалпы көрінісі, диаграмманың алюминий бұрышындағы сұйық және қатты беттердің проекциясы 4-суретте көрсетілген. Кремний мен темірдің әртүрлі температураларда ерігіштігі 2-кестеде келтірілген.

Өнеркәсіптік салқындату жылдамдығымен алынған осы жүйенің қорытпаларының нақты құрылымында Al_3Fe , Al_6Fe , Al_8Fe_2Si , Al_5FeSi және Al_4FeSi фазалары болуы мүмкін. Сондай-ақ, тепе-тең емес кристалдану жағдайында салқындату жылдамдығы жоғарылаған кезде бастапқы кристалдану өрістерінің кремнийдің төмен концентрациясына ауысуы күтіледі. Жедел қатаю кезінде ($V_c \geq 10^\circ\text{C/c}$) өтімділік шекараларының ығысуы аралық реакциялар мен фазалық аймақтардың шекараларының ығысуына әкеледі. Сондай-ақ, темір мен кремнийдің белгілі бір қатынасында ($Fe:Si=2:4$) қорытпада эвтектикалық реакциялар $L \rightarrow (Al) + Al_5FeSi$ және $L \rightarrow (Al) + (Si) + Al_5FeSi$ басылатыны белгілі, нәтижесінде қорытпаның құрылымында Al_8Fe_2Si және (Si) фазалары болады және Al_5FeSi фазасы жоқ. Бұл аспект өзекті болып табылады, өйткені Al_8Fe_2Si фазасының морфологиясы құрамында темір бар басқа құрылымдық компоненттермен салыстырғанда ең қолайлы болып табылады.

1-кесте – Al-Fe жүйесінің қорытпаларының механикалық қасиеттері

Механикалық қасиеттері	Al 99,99		Al + 1% Fe		Al + 1.7% Fe		Al + 2.5% Fe	Al + 10% Fe
	O	H	O	H	O	H	O	O
σ_B , МН/м ²	45	130	110	160	120	190	110	110
$\sigma_{0,2}$ МН/м ²	24	120	-	-	80	170	-	-
δ , %	49	6	38,3	12,6	30	7,5	24	5
HV, МН/м ²	140	320	-	-	300	440	-	350

Ескертпе. O – күйдірілген жағдай, H – күйген күй.



4-сурет – Al-Fe-Si күй диаграммасы

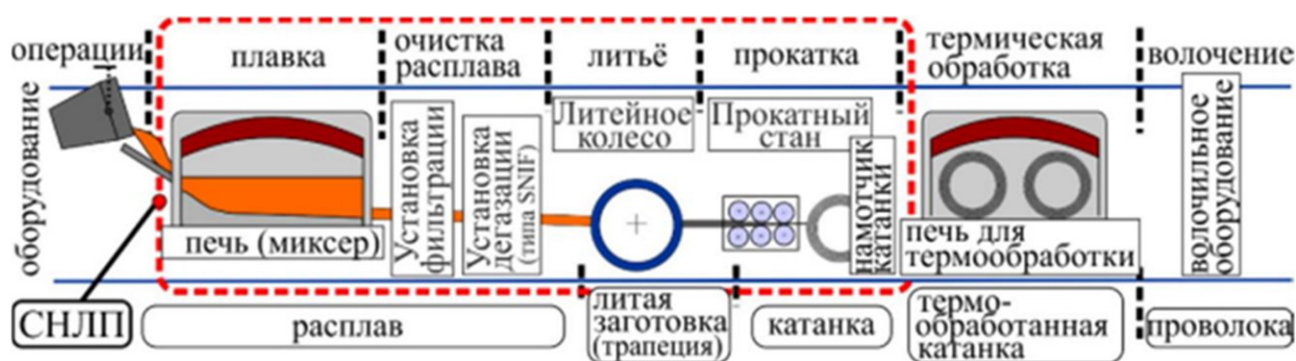
2-кесте – Алюминийдің қатты ерітіндісіндегі темір мен кремнийдің ерігіштігі, мас. %

T, °C	(Al) + Al ₃ Fe + Al ₈ Fe ₂ Si		(Al) + Al ₈ Fe ₂ Si + Al ₅ FeSi		(Al) + Al ₈ Fe ₂ Si + Al ₅ FeSi	
	Fe	Si	Fe	Si	Fe	Si
659	0,052	0,64	-	-	-	-
611	-	-	0,040	0,82	-	-
600	0,033	0,40	0,033	0,82	-	-
578	-	-	-	-	0,010	1,65
550	0,016	0,20	0,016	0,42	0,008	1,30
500	0,009	0,11	0,008	0,22	0,005	0,80
450	0,004	0,06	0,004	0,11	0,003	0,44
400	0,002	0,03	0,002	0,06	0,002	0,30

Белгіленген өндірушілердің алюминий деформацияланған жартылай фабрикаттарын біріктірілген құю және илемдеу қондырғыларының сызбалары 5-суретте көрсетілген түбегейлі бірдей технологиялық түйіндерге ие. Сымды өндірудің технологиялық процесі – бұл дайындаманың көлденең қимасы кішірейіп, сымның қажетті қасиеттеріне қол жеткізілетін бірқатар дәйекті операциялар.

5-суретте келтірілген технологиялық желіге

(сызбаға) пеш учаскесі, құю машинасы, құйма дайындаманы илемдеу орнағына тасымалдау желісі, илемдеу орнағы, созба сымды ораушы-моталка, созба сымды термиялық өңдеуге арналған пештер және созу жабдығы желінің мақсаты мен өндірушісіне байланысты қосымша орнатылады. Пештің мақсаты-құюға дайындық, оның негізгі функциясы – құю машинасының қуатына сәйкес мөлшерде қорытпаның үздіксіз берілуін қамтамасыз ету. Бұл міндетті қорытпаны қабыл-



5-сурет – Сым арудың негізгі технологиялық кезеңдерінің схемалық диаграммасы

дауға, дайындауға, ұстауға және құюға арналған тұрақты шағылыстырғыш кедергі миксері жүзеге асырады. Құрылымдық жағынан, араластырғыш-бұл профильден және болаттан жасалған, отқа төзімді материалдармен қапталған тік-бұрышты корпус (форма). Оның әрекет ету принципі келесідей: белгілі бір температура үнемі сақталатын араластырғыштың жұмыс аймағына құю шөміштерінен белгілі бір химиялық құрамның сұйық қорытпасы құю қалтасы арқылы құйылады, араластырғыштағы қорытпаның деңгейі шанышқы арқылы бақыланады.

Қорытпаны араластырғаннан және қожды алғаннан кейін химиялық талдауға сынама алынады. Қорытпа дайын болғаннан кейін жұмыс саңылауы ашылады және қорытпа кристаллизаторға – сұйық алюминийден бастапқы дайындаманы алуға арналған құю машинасына – трапеция қимасының шексіз алюминий таспасына беріледі. Бұл жағдайда балқытылған металл, егер желіде прокат диірмені көлденең немесе тік болса құю принципіне сәйкес келуі мүмкін. Салқындағаннан және қатайғаннан кейін өзекше түріндегі металл экстрактор мен тартқыш роликтер арқылы дұрыс құрылғыға түседі, себет түріндегі орау құрылғысы немесе қос катушка көмегімен соңында илемделген болып шығады. Бұл әдіс кабель өндірісінде қолданылады және ұшпа қайшылар түріндегі қолданыстағы кескіш құрылғы шығанақты қалыптастыру үшін катанканы кесіп тастайды. Бірлескен құю және прокаттаудың заманауи желілері деформацияланған жартылай өнімнің қажетті технологиялық және пайдалану сипаттамаларын алу үшін күйдіру және шынықтыру операцияларын жүргізуге мүмкіндік беретін термиялық өңдеу жүйелерімен жабдықталған. Металды сүзгілеуді қамтамасыз ету үшін құю қорабында шыны талшықты сүзгі қарастырылған. Қазіргі уақытта диаметрі 9,5 мм немесе 7,6 мм созба сым алынатын қондырғылар қолданылады.

Шихталық материалдарды қыздырумен және балқытумен, легірлеуші элементтерді ерітумен және қорытпаның химиялық құрамын теңестірумен, қорытпаны белгіленген температураға дейін қыздырумен байланысты болатын балқыту

пешіндегі металлургиялық процестерге негізінен жылу мен заттарды тасымалдау кіреді. Балқыту пешінде болып жатқан бұл процестер металдың атмосферамен және пештің төсенішімен өзара әрекеттесуіне, оның сутегімен қанығуына және қатты металл емес қоспалармен ластануына байланысты бірқатар басқа процестермен бірге жүреді. Бірінші процестер термофизикалық деп аталады, ал екіншісі физика-химиялық деп жіктеледі.

Пештің атмосферасында алюминий негізіндегі қорытпаларды балқыту кезінде бетіне жеткізілетін жылу әсерінен бастапқы материалдардан, қалдықтардан, лигатуралардан тұратын шихта қызады және ликвидус температурасына жеткенде жеке тамшылар түрінде ағып, ери бастайды. Сонымен қатар, шихта материалдарының бетіндегі жылу ішке еніп, белгілі бір жылдамдықпен шихтаны қалыңдығы бойынша қыздырады. Ішкі қабаттардың температурасы балку температурасына жеткенде, бүкіл шихта ериді және пеш ваннасының көлемін толтырады. Шихта материалдарын қорытпаға батыра отырып, алюминий қорытпаларын балқыту кезінде шихтаны қыздырумен бір мезгілде оны металда еріту жүзеге асырылады. Егер шихтаның балку температурасы қорытпаның температурасынан төмен болса, онда балку жылдамдығы оның бетіне жылу беру жылдамдығымен анықталады; егер шихта материалдарының балку температурасы қорытпаның температурасынан жоғары болса, еріту жылдамдығы шешуші рөл атқарады.

Технологиясына әсер ететін балқыту кезіндегі маңызды фактор алюминийде легірленген элементтерді еріту процесі болып табылады. Мұнда күй диаграммасының түрі мен еріген кездегі металдың әрекеті арасында тығыз байланыс бар. Сонымен, жұмыстардың мәліметтері бойынша, компоненттердің салыстырмалы түрде жақын балку нүктелері бар эвтектикалық типтегі жүйелерге жататын магний, мырыш, мыс бар алюминий жүйелерінде өзара еріту қиындықсыз жүруі керек. Перитектикалық түрлендіретін жүйелер үшін алюминийде элементтердің еруі, әсіресе балку температурасының үлкен айырмашылығын-

да, атап айтқанда алюминий-цирконий жүйесі үшін, балқыту процесін баяу жүргізуді қажет етеді. Бұл металдардағы байланыс энергиясының үлкен мөлшеріне байланысты. Эксперименттік мәліметтерді талдау жұмыстың авторларына қатты металдардың кристалдық торының бұзылуы және алюминиймен жаңа байланыстардың пайда болуы қорытпаның ішіндегі бөлшектердің тасымалдануына қарағанда тезірек жүреді деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Бұл жағдайда еріту жылдамдығы қорытпадағы заттың жаппай тасымалдануымен шектеледі және еріту процесі диффузиялық режимде жүреді. Сонымен, цирконий жататын баяу балқитын элементтерді алюминийде еріту кезінде диффузия коэффициенті бақылау факторы болып табылады.

Қорытынды. Ыстыққа төзімді өткізгіш қорытпалардың концентрациялық диапозондарын талдауға сүйене отырып, МЕСТ Р МЭК 62004-2014 талаптарын қанағаттандыратын ыстыққа төзімділікті қамтамасыз ету үшін темір қоспа-

сымен қорытпаларды легірлеу ұсынылады. Екінші жағынан, өндірілген өнімнің өзіндік құнын төмендету үшін алюминийдегі еріксіз қоспалар ретінде темір мен кремнийдің концентрациялық диапозондарын кеңейту мүмкіндігін бағалау қажет, бұл кабельдік өнімдерді өндіру үшін қайталама шикізатты пайдалануға мүмкіндік береді: МЕСТ Р 54564-2011 сәйкес А1, А2, А3 және А4 топтарының сынықтары мен қалдықтары.

Al-Fe-Si-Zr жүйесінің деформацияланатын төмен легіріленген қорытпалары үшін ең қолайлы фазалық компоненттер-темірдің Al_3Fe_2Si фазасының эвтектикалық қосылыстарына, ал цирконийдің Al_3Zr (L12) метатұрақты фазасының нанобөлшектеріне толық қосылуы болып табылады. Бұл фазалық құрамды қамтамасыз ету үшін негізгі факторлар балқыту процесінде цирконийді ерітудің міндетті шарты болып табылады, құю және кристалдану процесінде цирконийдің бастапқы кристалдарының пайда болуын болдырмайды, бұл өз кезегінде құю температурасы мен салқындату жылдамдығымен реттеледі.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Осинцев О.Е., Конкевич В.Ю. Высокопрочные быстрозакристаллизованные алюминиевые сплавы систем Al-Zn-Mg и Al-Zn-Mg-Cu // Технология легких сплавов. – 2010. – № 1. – С. 157-163.
2. Белов Н.А., Алабин А.Н., Прохоров А.Ю., Скворцов Н.В. Влияние промежуточного отжига на электросопротивление проволоки низколегированных алюминиевых сплавов системы Al-Zr-Fe-Si // Металловедение и термическая обработка металлов. 2012. № 4. С. 14-19.
3. Amenova A., Smagulov D., Dostayeva A. New method of phase transformations calculation in metals with structural features of the initial and new phases // International Journal «Advanced Materials Research». – 2013. – pp. 148-151.
4. Белов Н.А. Фазовый состав промышленных и перспективных алюминиевых сплавов. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2010. – 511 с.
5. Короткова Н.О. Обоснование состава и режима термообработки проводниковых наноструктурных экономнолегированных алюминиевых сплавов с добавкой циркония: Дисс. ... к.т.н. – Москва, 2018. – 197 с.

Обзор современных материалов из алюминия электротехнического назначения

¹**ИБАТОВ Марат Кенесович**, д.т.н., профессор, председатель Правления – Ректор, m.ibatov@bk.ru,

^{1*}**СУЛТАНБЕК Тогжан Жұртшыбайқызы**, докторант, togzhan-sultanbek@mail.ru,

¹**ДОСТАЕВА Ардак Мухамедиевна**, PhD, и.о. доцента, ardak_erkekyz@mail.ru,

²**БЕЛОВ Николай Александрович**, д.т.н., профессор, belov.na@misis.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», Россия, Москва, Ленинский проспект, 4,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Представлен подробный обзор современных материалов из алюминия электротехнического назначения. Также рассмотрен анализ современных отечественных и зарубежных алюминиевых сплавов по физико-химическим, физико-механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам. В условиях устойчивого роста цен на энергоносители целесообразно широкое применение алюминиевых сплавов, обладающих высокой механической прочностью и эластичностью, низкой плотностью, высокой коррозионной стойкостью, жаростойкостью и рядом других уникальных характеристик. Рост потребления изделий из алюминиевых сплавов неизбежно приводит к накоплению отходов производства, используемых для получения вторичных сплавов. В настоящее время для увеличения пропускной способности воздушных линий используются низколегированные алюминиевые сплавы со смесью железа, которые обладают более высокой термической стабильностью, чем традиционные марки проводящих алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, железо, термостойкость, фазовое состояние, диаграмма состояния, шихта, воздушные линии, цирконий, сплав, электропроводность.

Overview of Modern Materials Made of Aluminum for Electrical Purposes

¹**IBATOV Marat**, Dr. Tech. Sci., Professor, Chairman of the Management Board – Rector, m.ibatov@bk.ru,

^{1*}**SULTANBEK Togzhan**, doctoral student, togzhan-sultanbek@mail.ru,

¹**DOSTAEVA Ardak**, PhD, Acting Associate Professor, ardak_erkekyz@mail.ru,

²**BELOV Nikolay**, Dr. of Tech. Sci., Professor, belov.na@misis.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²National University of Science and Technology «Moscow Institute of Steel and Alloys», Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 4,

*corresponding author.

Abstract. A complete overview of modern aluminum materials for electrical purposes. The analysis of physical and chemical, physical and mechanical, technological and operational properties of modern domestic and foreign aluminum alloys was also considered. In the context of the constant increase in energy prices, it is advisable to widely use aluminum alloys with high mechanical strength and ductility, low density, high corrosion resistance, heat resistance and a number of other unique characteristics. An increase in the consumption of aluminum alloy products inevitably leads to the accumulation of production waste used to produce secondary alloys. Currently, low-alloy aluminum alloys with an iron alloy are used to increase the throughput of overhead lines, which have a higher thermal stability than traditional grades of conductive aluminum alloys.

Keywords: aluminum alloys, iron, heat resistance, phase state, state diagram, charge, overhead lines, zirconium, alloy, electrical conductivity.

REFERENCES

1. Osintsev O.E., Konkevich V.Yu. High-strength fast-crystallized aluminum alloys of Al-Zn-Mg and Al-Zn-Mg-Cu systems // Technology of light alloys. – 2010. – No. 1. – pp. 157-163.
2. Belov N.A., Alabin A.N., Prokhorov A.Yu., Skvortsov N.V. Effects of intermediate annealing on the resistivity of the wire alloyed aluminum alloys of the system Al-Zr-Fe-Si // metal Science and heat treatment of metals, 2012. No. 4. pp. 14-19.
3. Amenova A., Smagulov D., Dostayeva A. New method of phase transformations calculation in metals with structural features of the initial and new phases // International Journal «Advanced Materials Research». – 2013. – pp. 148-151.
4. Belov N.A. Phase composition of industrial and promising aluminum alloys – Moscow: MIsS Publishing House, 2010. – 511 p.
5. Korotkova N.O. Substantiation of the composition and mode of heat treatment of conductive nanostructured economically alloyed aluminum alloys with the addition of zirconium: Diss. ... Candidate of Technical Sciences. – Moscow, 2018. – 197 p.