

**BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 1991-3494

Volume 1, Number 365 (2017), 69 – 79

**S. A. Mashekov, M. R. Maulenova**Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: maulenova\_m@mail.ru**METHODS OF PRODUCTION OF PREFORM FOR FOIL**

**Abstract.** Sheets, ribbons, wires, aluminum alloy foil may be manufactured using different processing schemes. The economic efficiency of the processing of aluminum alloys depends on many factors, such as technical and economic characteristics of the equipment, production capacity, raw material costs and materials, and so on. Traditional rolled production schemes of the ingot exist for decades, and their improvement is, as a rule, by improving the equipment.

In the world about 50% of pre-strip to foil still produce the traditional method of hot rolling ingots. Till 1960s it was the only way to produce foil blanks, which in the following decades, faced with strong competition from the direct strand reduction method of rolling. In practice, almost all the new foil mills built in the last half-century, working on the direct strand reduction procurement.

Combined method of casting aluminum alloys at casting-rolling units from the melt is one of the new directions in the development of the production of rolled products and foils. The method of continuous casting and rolling to flat pieces of aluminum has a relatively short history, and has received intensive development in 70-80- years of the last century and is an alternative method for producing the slab from an ingot in a conventional manner. The article provides an overview comparing the methods of making a foil work piece.

**Keywords:** aluminum bars, foils, molding, rolling.

ӨОЖ 621.771

**С. А. Машеков, М. Р. Мауленова**

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

**ФОЛЬГАҒА АРНАЛҒАН ДАЙЫНДАМАЛАРДЫ  
ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІ**

**Аннотация.** Алюминий балқымаларынан жолақтар, таспалар, сым, фольгалар түрлі технологиялық сұлба арқылы дайындалуы мүмкін. Алюминий балқымаларын өңдейтін өндірістің экономикалық тиімділігі: жабдықтың технико-экономикалық көрсеткіштеріне, өндіріс көлеміне, материалдар мен шикізаттың өзіндік құны сияқты әртүрлі факторларға байланысты. Құйма арқылы илемдеу өндірісінің дәстүрлі сызбасы көптеген жылдар бойы жабдықтарды заманауи технологиямен жетілдіру арқылы дамып келеді.

Алюминий фольгаларына арналған дайындамаларды өңдеу технологиясына келер болсақ, әлемде шамамен 50% дәстүрлі құймаларды қыздырып илемдеу әдісімен өндіріледі. 1960 жылдарға дейін бұл фольга дайындамаларын өңдеудің жалғыз жолы болып келді. Ол кейіннен құймасыз жаймалау әдісі тарапынан үлкен бәсекелестікке ұшырады. Соңғы жылдары салынған фольгаилемдеу кәсіпорындары түгелдей құймасыз дайындамамен жұмыс істейді. Алюминий таспасын салқын түрде жаймалау алюминий қаңылтырын, профилдерді, фольгаларды қажетті қалыңдықтағы тағы да басқа басқа өнімдерді алудың соңғы сатысы болып табылады. Жұқатабақтық илемдеу мен фольга өндіру дамуының жаңа бағытының бірі – құю-илемдеу агрегаттарында алюминий қорытпаларын құюдың және илемдеудің біріккен әдісі. Жазық алюминий дайындамаларына арналған үздіксіз құю және илемдеу әдісі өткен ғасырдың 70-80 жылдары қарқынды дами бастады. Мақалада осы екі әдісті салыстыра отырып кемшілігі мен артықшылықтарына шолу жасалған.

**Түйін сөздер:** алюминий дайындамалары, фольга, құю, илемдеу технологиясы.

**Кіріспе.** Жұқа алюминий фольгаларын үзіліссіз жаймалаудың негізгі маңызды шарттарының бірі – шығын металлдың жоғары сапалы болуы. Өндіру тәжірибесі мен көптеген зерттеулер қорытындысы фольгаға арналған дайындамаға қойылатын талаптарды айқындауға мүмкіндік берді: 100 г металлда сутегі көлемі  $0,17 \text{ м}^3$  аспауы, оксидтер мен зиянды қоспалар мөлшері минималды болуы, металл көлемі бойынша химиялық құрамының біркелкілігі, сондай-ақ ұсақ түйіршіктерінің құрылымы біртектілігі және темір мен кремний қосылысы 3 %-тен көп болуы керек. Мұндай талаптарды орындау балқыту, балқымаларды құюдың заманауи жаңа технологияларына қол жеткізу арқылы мүмкін болып отыр [1].

Ұзақ уақыт бойы фольга тек техникалық А0, А5, А7 алюминий маркаларынан өндіріліп келді. 80-жылдардың соңында ғана жоғары американдық тауар маркалары – АА 1050, АА 1200, АА 8011, механикалық сипаттамаларымен азлегірленген алюминий қорытпалары қолданыла бастады. 8006, 3003 жоғырлегірленген алюминий қорытпаларынан фольга өндіру 2001-2003 жылдары ғана Санкт-Петербург фольгаилемдеу зауытында енгізіле бастады [2].

**Құймалар арқылы фольгаға арналған дайындамалар өңдеу.** Көптеген ТМД аймағындағы және шетелдік кәсіпорындар жұқатабақтық өнімдерді құймалық дайындамамен өндіреді. Фольганы дәстүрлі әдіспен өндіру балқыманы өңдеу, оны қыздыру соңынан ыстықтай және суықтай илемдеу процессінен тұрады.

*Алюминиді балқытуға арналған пештер.* Алюминий фольгасын өндіретін кәсіпорындарда технологиялық процесс балқытудан басталады. Ол үшін газдық немесе мазуттық пештер пайдаланылады. Әдетте газдық пештерде жалын жылдамдығы 90 м/с дейінгі жоғары жанарғылар қолданылады. Олар балқытуға керекті уақыт шығыны өте аз жоғары турбуленттілік арқасында жылу алмасу мүмкіндігі жоғары пеш камерасында температураның біркелкі таратады, балқыту кезінде шлақтың пайда болуын төмендетеді. Пештер рекуператорлармен жабдықталған. Кеткен газдар  $1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі жанарғыға берілген ауаны қыздырады, содан кейін газ температурасы  $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейін түседі.

Балқыту пештерінің өнімділігі құймасыз жаймалау қондырғыларынан екі есе жоғары. Пештегі сұйық металл астауының тереңдігі 65-75 см-ге дейін жетеді.

1-суретте «FATA-Hunter» фирмасының стационарлық газ пешінің және араластырғышының сұлбасы берілген [3].

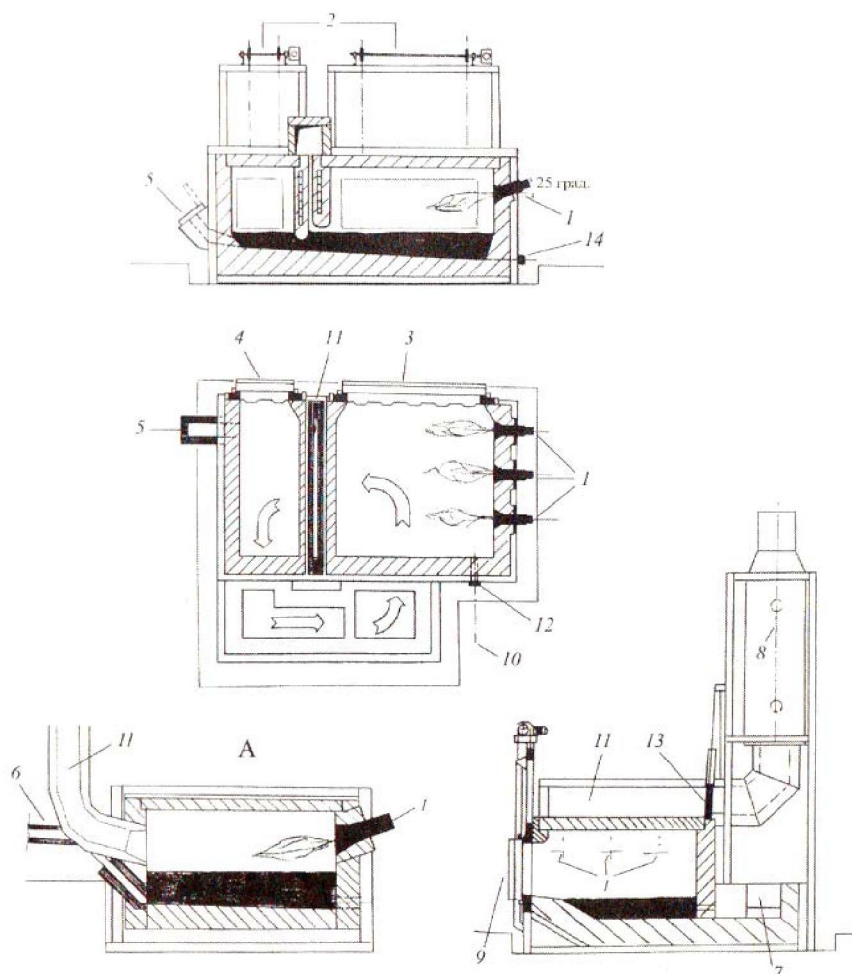
Пештегі балқытылған алюминий бетінен шлак түріндегі қоспаларды сүзіліп алып тазарту үшін флюстармен өңделеді. Химиялық құрамы тексерілгеннен кейін алюминий еңкейту жолымен миксерге құйылады. Стационарлық пештерде науалар арқылы құйылады.

Миксердегі салынды  $700-760 \text{ }^{\circ}\text{C}$   $\pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -та температурада ұсталады. Алюминийді ұстап араластырғыш-пеш балқытатын пешке қарағанда сыйымдылығы екі есе аз болады. Онда балқыма тазартылып, алдын-ала газсыздандырады. Миксердің шығу тұсында алюминий балқымасы ағынының біркелкілігін қамтамасыз ететін қалытқылы деңгей өлшеуші реттегіш – аралық футерлік қорап орналастырылады. Реттегіш миксердің еңкеюіне ықпал етеді.

*Сұйық алюминийді өңдеу.* Сүзу – саңылаусыз, өте жұқа алюминий фольгаларын өндіру құрамынан сілтілік металлдардың микроқоспаларын, оксидтердің бөлшектерін жою және оттегі мөлшерін азайту үшін сұйық алюминийді өндеудің түрлі тәсілдерін қолдануды талап етеді. Ең маңыздысы сұйық алюминийді түрлі құралдар қолданып – шыныталшықтарынан тоқылған торлардан бастап, пенокерамикалық немесе ұсақ түйіршікті сүзгілеуіш ортаны қолдану арқылы сүзуге болады. Пенокерамикалық фильтрлер қолдануға қарапайым, қымбат емес, шағын және қосымша әрдайым қыздырып отыруды қажет етпейді. Осы қасиеттеріне байланысты ол әлемдік алюминий шикізаттарын өндіруде, соның ішінде фольга өндірісінде кеңінен қолданылады.

Технологиялық ағымда сонымен қатар сүзгілеуден бөлек сутегін жою қажет. «Foseco International» (Ұлыбритания) фирмасы балқыманы механикалық араластыруға арналған қанатшалары бар вакуумдық газсыздандыру құрылғысын шығарды.

Балқыған алюминийді оксидтерден тазалау үшін керамикалық пеносүзгіштер қолданылды. Мұндай фильтрлерді қолдану жұқа алюминий фольгасын алу үшін өте маңызды, өйткені оксид түйіршіктерінен фольгада тесік-ақаулар пайда болады, мұндай фольгаларды орама өндірісінде қолдану мүмкіндігін азайтады.



1-сурет – «Fata-Hunter» фирмасының балқыту пеші мен миксері:

- 1 – жанарғылар; 2 – есікті көтеру механизмі; 3 – басты есік; 4 – скрапты жүктеу есігі; 5 – сұйық металлды құю терезесі; 6 – балқытқыш пештен келетін сұйық металл; 7 – сұйық металлды рециркуляциялау жүйесі; 8 – жылу рекуператоры; 9 – жүктеу есігі; 10 – миксерге; 11 – мұржа; 12 – летка; 13 – заслонка; 14 – дренаждық саңылау

Алюминий таспаларын және фольга өндіретін зауыттарда құймасыз жаймалау қондырғыларында өлшемі 230-380 мм дейінгі ұяшық диаметрі 0,9 мм. фильтрлер қолданылады. Бұл фильтрлердің өткізу қабілеті сағатына 2,5 тоннадан 10 тоннаға дейін. Мұндай фильтрлерді 20 т алюминий өткізгеннен кейін ауыстырып отыру керек.

Керамикалық фильтрді сұйық металл ағып өтетін арнайы астауға орналастырады. Жұмыс алдында астау мен сүзгіні астыңғы жағынан газды-ауа жанарғыларымен 15-20 минут қыздырады. Қыздыру температурасы (қызыл-шиес түсіне дейін) 700 °C тан аспау керек [4].

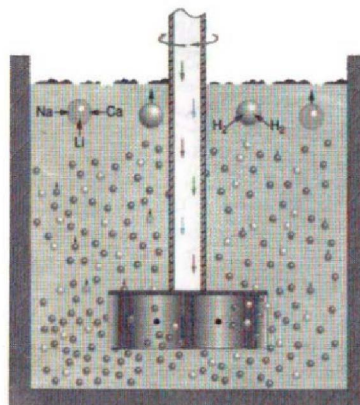
*Ағымды газсыздандыру және рафинадтау.* Рафинадтау мен газсыздандыруға арналған (сопло арқылы инертті газбен флотациялау) Америкалық «Union Carbide» фирмасының SNIF қондырғысы көптеген елдердің құю цехтарында кеңінен қолданылады. Ол балқытылған алюминий құрамынан сутегіні, метал емес бөлшектерді, сілтілік металдарды (Na, Li, Ca, K) технологиялық газдың (Ar+0.5-1.0 %) ұсақ көпіршіктерін айналмалы ротормен жіберу арқылы іске асады (2-сурет).

Ротордың айналуы балқытылған алюминийдің түгелдей таралатын көп мөлшерде газ көпіршіктерін шығарады. Қалқып шыққан көпіршіктері балқымада еріген сутегіні адсорбациялайды. Хлор ерігенсілтілік металдармен реакцияласып, тұз түзеді. Ол балқыма бетіне қалқып шығып, сүзіліп алынып тасталады.

Металл емес қосындылар газ көпіршіктеріне жабысып балқыма бетіне қалқып шығады [5].

*Құю деңгейін реттеу.* Заманауи құймаларды құю және фольгалық дайындамаларды құймасыз жаймалау сұйық алюминий ағынын жоғары дәлдікпен реттеуді және құю қораптарында металл деңгейін реттеуіш құралдарды талап етеді.

2-сурет –  
Алюминий балқымасын  
газдық дисперсионды өңдеу



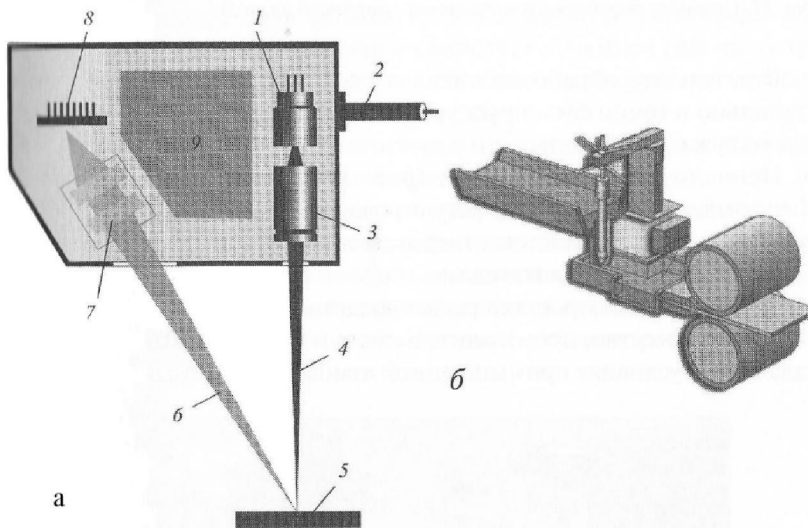
Сұйық алюминий деңгейін механикалық реттеу, сапалы өнім шығарудың барлық талаптарына сай тұрақты шарттарды қамтамасыз ету оператор жұмысына байланысты. Қорытпа бетіне бірнеше сантиметр жоғары орналастырылатын байланыссыз және индуктивтік датчиктерді қолданудың мүмкіндіктері өте шектеулі. Өйткені, балқыма деңгейі кенет көтеріліп, немесе деңгейді бақылауда қателіктер болған жағдайда датчиктер бұзылудан еш қорғалмаған. Жиі бұзылып, көп жөндеу жұмыстарын талап етеді. Мұндай жүйелер басқарудың кешенді жүйесін талап етеді.

Деңгейді ультрадыбыстық бақылау құралдары балқытылған алюминийдің жылулық әсерінен айтарлықтай қателіктерге ұшырайды.

Байланысты-электродты датчиктер жоғары және төменгі деңгейлерді сәтті қадағалай алады, бірақ үздіксіз өзгерістерді бақылай алмайды.

Лазерлік техника негізінде датчиктерді қолдану кейінгі кезде алюминий дайындамаларын даярлау өндірісінде кеңінен қолданылуда. Оларды алюминий балқымасынан жоғары жағына қашықтан орналастырады. Жылудан қорғайтын таттанбайбын болаттан жасалған қорабы ауа арқылы суытылып, оны жоғары температурадан, шыққан газдан, механикалық зақымданудан қорғайды.

«Precimater» (Швеция) фирмасының шығарған «ProH» сұйық металлдың деңгейін бақылау құралы лазерлік техникаға және түтін, жоғары температура, бу жағдайларында жұмыс істеуге негізделген (3-сурет).

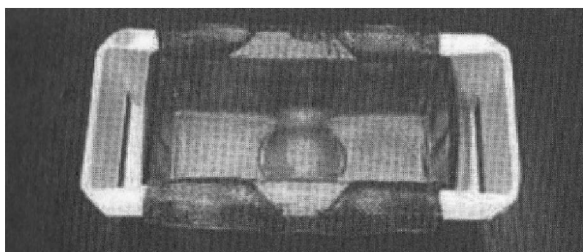


3-сурет – Ультрадыбыстық «ProH» датчигінің жұмыс принципі

1-2 лазерлік диод 3 фокустеуші жүйесі арқылы 5 металл айнасына 4 жіңішке сәуле шығарады. Онда жарық сызығы пайда болып, сәуле оптикалық жүйеде мегапиксельдік цифрлық видеокамераның матрицасына түседі. Процессор шағылысқан беттің қашықтығын есептейді. Процессор алынған белгіні талдайды, деңгейін анықтайды. Жарық нұрының күшін азайту үшін белгіні жарық шығаратын диодқа жібереді. Егер осы аралықта қандай да бір кедергі кездесетін болса процессор оны анықтап сәуле күшін артырады. Металл деңгейін өлшеу дәлдігі 0,3-0,5 мм. Процессордан белгі балқыма ағынын реттеу үшін орындаушы механизмге беріледі. Лазер шығарған жарық күші 1 МВт, лазер классификациясының 2 класына жатады, көзге зиянсыз.

*Құю кезінде балқыманы тарату.* Алюминий құймаларын құятын зауыттарда машинаның кристаллизаторына әйнекталшықты маталардан жасалған балқытылған металлды таратқыштар кеңінен қолданылады. Металды құю кезінде тарату кристаллизатордың температуралық профилін, құйманың микроқұрылымын, оксид бөлшектерінің, кез-келген ірі бөлшектер мен қосындылардың құймаға түспеуін анықтайды. Бұл жұқа фольгаларды жаймалау кезінде тесіктер пайда болмауына әсер етеді.

«Pyrotek» фирмасы көп рет қолданылатын, қажет жағдайда формасын тез өзгертетін сұйық алюминийді таратуға арналған «ТСК» формалар жасап шығарды. Ол сырты композиттік материалмен қоршалған, ішкі беті жанбайтын, түтінсіз әйнекталшықты «F-100» матасымен жабылған. Бұл таратқыштардың артықшылығы біркелкі температура, құйманың тұрақты қасиеті, металл ағынының аз турбуленттігі, ыңғайлы жанбайтын құрылым, қасиетті мен өлшемінің әрдайымдалығы, түтінсіз жұмыс, балқытылған алюминийдің температурасында 75 минутқа дейін қалыбын сақтап тұруы, қолданудың қарапайымдылығы және ыңғайлылығы. «ТСК» таратқыш алюминий ағынынан мүлде деформацияға ұшырамайды (4-сурет).



4-сурет –  
Көпретті қолдануға арналған сұйық металл таратқыш

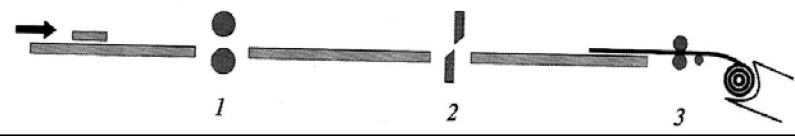
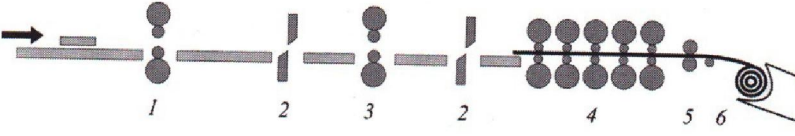
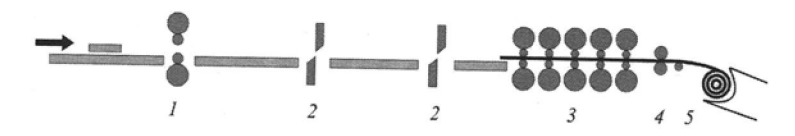
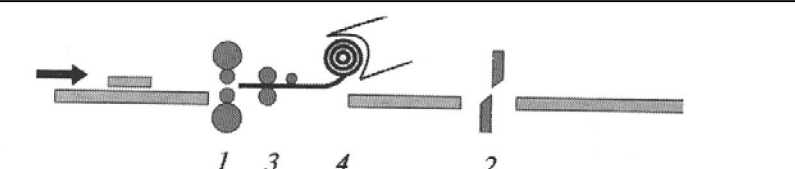
*Құймаларды құю және оларды илемдеуге дайындау.* Алюминий құймаларын әдетте құю үстелін гидравликалық немесе механикалық босату арқылы жұмыс істейтін жартылай үздіксіз құю машиналарында орындалады

Соңғы жылдары алюминий құймаларын жартылай үздіксіз құюға арналған машиналар құрылымы айтарлықтай жетілдірілді. «Thermcon Ovens» (ФРГ) фирмасы әрдайым сұйық металл түсіп, қатып, құю процессіне тоқтатуға тура келетін құю үстелінде орналасқан ішкі бағыттауыштарды жойды. Оның орнына құю үстелін демеуге және жылжытуға үстелді металл құю жылдамдығына сай берілген жылдамдықпен қозғалатын жабық гидроцилиндрді қолдана бастады. Заманауи жабдықтар кристаллизатордағы балқыманың деңгейін бақылау және құюды автоматтандыратын лазерлі датчиктермен жабдықталған. Құю жылдамдығы, салқындатқыш суды беру, құйылатын құйманың ұзындығы мен сапасы реттеліп отырады. Әдетте, бір мезетте 3-5 құйма құйылады. Соңғы онжылдықта көптеген алюминий илемдеуші зауыттарда электромагнитті кристаллизаторларға (ЭМК) құю технологиясы кең етек алды. ЭМК-ға құйылған құймалар беті тегіс, өндірісте механикалық өңдеусіз қолданылады.

Алюминий құймаларының жоғарғы және төменгі бөліктерін кесу үшін дискілі аралар қолданады. Соңғы жылдары бұл мақсатта таспалық аралар да қолданыла бастады. Салмаларға арналған таспалық аралардың кесу жылдамдығы өндірушінің жарнамалық мәліметтері бойынша қалыңдығы 600 мм, ені 1500 мм салманы кесуде 11 мм/с. Дискілі аралардың кесу жылдамдығы 25 мм/с [6].

*Слябтарды қыздыруға арналған пештер.* 2001 жылы «Otto Janker» фирмасы Грекияда «Elval» зауытында слябтарды қыздыру итермелеуші газды пештер өндіріске енгізді. Бір мезгілде пешке 15 немесе 30 слябты (бір қатар немесе сәйкесінше 2 қатар) қалыңдығы 620 мм, ұзындығы 8,4 м, ені 2660 мм дейін. Қарқынды конекциялық қыздырғышпен пештің максималды салындысы рекупертивті жанарғыларымен 450 т. Пеш ЭЕК базасында бақылап отыруға болады, ол толықтай автоматтандырылған. Пеш ішінде слябтарды тасымалдау беттік сырғу арқылы іске асырылады, ол қызған құймалардың тозуына жол бермейді.

*Фольгаға арналған дайындамаларды ыстықтай илемдеу.* 3-6 мм қалыңдыққа дейінгі ыстықтай илемдеу бір клетті реверсивті орнақтарда, сондай – ақ көпклетті жартылай үздіксіз реверсивті қысқыш клеттерімен және үздіксіз бөліктеуші тандем клеттерімен желілерде орындай береді. 5-суретте фольга дайындамаларын ыстықтай илемдеуге арналған орнақтардың негізі түрлерінің сұлбасы берілген [7].

I		1 - дуо немесе кварто реверсивті орнағы 2 - гильотинді қайшылар 3 - орағыш
II		1 - реверсивті орнақ 2 - гильотинді қайшылар 3 - дискілі қайшылар 4 - орағыш
III		1 - реверсивті орнақ 2 - гильотинді қайшылар 3 - тандем -орнақ 4 - дискілі қайшылар 5 - орағыш
IV		1 - реверсивті қысқыш орнақ 2 - гильотинді қайшылар 3 - реверсивті аралық орнақ 4 - тандем-орнақ 5 - дискілі қайшылар 6 - орағыш

5-сурет – Фольгаға дайындамаларын өңдеуде қолданылатын ыстықтай илемдеуге арналған орнақтардың сұлбасы:

I – Реверсивтік орнақ 2440 мм, фольгалық орнаққа арналған дайындама 1570 мм; «Alcan» фирмасы (Канада);

II – Реверсивтік орнақ 2200 мм, фольгалық орнаққа арналған дайындама 1350 мм;

«Hute Aluminium Kopin» фирмасы (Польша);

III – Желі – 2500 мм, фольгалық орнаққа арналған дайындама 2080 мм; «Alunorf-2» зауыты (Германия);

IV – Желі – 2500 мм, фольгалық орнаққа арналған дайындама 1680 мм; Давенпорттағы «Alcoa» зауыты (АҚШ).

Бұл мақсатта қолданылған алғашқы реверсивті орнақтар дуо мен кварто болатын. Ол екінші отан соғысына дейін жұмыс істеп аз көлемде фольгалық дайындамалар шығаратын болған. Кейбір аз көлемде өндіретін зауыттарда олар әлі де қолданылады.

Құйманы илмдеу алында қоспаның құрамы мен қалыңдығына қарай 450-580 °С-қа дейін қыздырып алады. 180-300 м/мин және одан да жоғары жылдамдықпен қайтадан илемдеу кезінде илемдеуді арнайы тұрақты эмульсиялар қолдану арқылы іске асырады. Оның алғашқы концентрациясы 2-6% ал кіру температурасы 35-60 °С соңғы шығу температурасы 230-дан 280 °С-қа дейін [8].

Ыстықтай илемдеу процесі дайындаманы біліктер арасында кристалсыздану температурасы аймағында қысу болып табылады. Ыстықтай илемдеу кезінде қатарынан екі процесс жүреді. Деформациялау кезінде материалды беріктеу және кристалдану нәтижесінде беріксіздендіру. Бұл процесстердің жылдамдықтарының қатынасы ыстықтай илемденген шикізаттардың құрылымы мен қасиетін анықтайды. Ыстықтай илемдеу процесі 3 сатыдан тұрады: а) деформация алдында қыздыру; б) деформациялау; в) деформациядан кейін суыту.

Деформация алдында қыздыру құйылған слябтар жеңіл деформациясы және деформация кезінде аз механикалық күш жұмсалы жағдайларын жасау үшін орындалады. Температураның жоғарлауына байланысты металдың майысқақтығы жоғарлайды, соның әсерінен атомдардың жылулық тербелісі артып, жазықта сырғу кедергісі төмендейді. Илемдеу технологиялық процесін дайындағанда құймаларды илемдеу алдындағы қыздырудың тиімді температурасын, қыздыру жылдамдығын және берілген температурада ұстау уақытын анықтап алу керек [9].

Илемдеуді мүмкін болатын максималды жоғары температурада жүргізу қажет. Илемдеу температурасының жоғары шегі құйма құрамындағы жеңілбалқығыш металдың эвтетикалық қасиеті ескеріледі. Төменгі легіріленген құймалар жоғарылегіріленген құймаларға қарағанда қыздыруды жоғары температураға дейін ұстайды. Илемдеу кезінде жоғары температура құйма майысқақтығын арттыра отырып микротүйіршіктер өлшеміне оң әсер етеді. Ыстықтай илемдеу кезінде температура жоғары болса жұмсартудан кейін микротүйіршіктер өлшемі ұсақ болады.

Қыздырудың төменгі шегі құйылған сляб майысқақтығының төмендеуі ескеріледі. Төменгі температураға әсіресе алғашқы өткелде құйма әлі деформацияланбаған құрылымда болғанда жол берілмейді. Мұндай жағдайда сызаттар пайда болу процесі басталады. Егер құйма жабылмаған

болса (плакирован) оның бетінде ұсақ тор түрінде сызаттар, ал шеттерінде терең жырықтар (над-рыв) пайда болады. Бұдан басқа төменгі температурада илемдеу өткелдерде үлкен қысымды қолдануға жол бермейді [10].

Ыстықтай илемдеудің температуралық интервалы көптеген факторларға байланысты: құйманың химиялық құрамы, сляб массасы, қыздыру температурасына, қысу мен илемдеу жылдамдығына, берілген эмульсия көлеміне, жайылманың ені мен қалыңдығына және т.б. Сондықтан әр жағдайда бұл аралықты эксперименталды түрде орнатқан дұрыс.

Ыстықтай илемдеу кезінде температураны таңдауда құймада берілген температура мен қысым әсерінен болатын фазалық айналуы ескеру керек.

Құймаларды қыздыру слябтар барлық бойымен бірқалыпты қызуы керек Қыздырудың жоғары жылдамдығы дұрыс, онда пеш өнімділігі артып, құйма сапасы жақсарады. Бдан басқа қызу кезінде қажетсіз процесстер де орын алуы мүмкін [11].

Алюминий құймалары өте үлкен жылуөткізгіштікке ие, сондықтан қыздыру кезінде температураның төмендеуі тіптен жоғары жылдамдықтың өзінде елеусіз болып саналады. Ауа циркуляциясы бар заманауи пештер құйманың бұзылуына әкеп соғатындай қыздыру жылдамдығына жол бермейді.

Деформация алдында құймалар тотығуы мүмкін. Температура жоғары ал оның илемдеу жылдамдығы төмен болса тотығу жоғары болады. Сляб бетінің жоғары тотығуы жабылған слябтар үшін қауіпті.

1-кестеде алюминий құймаларын жартылайүздіксіз орнақтарда илемдеу кезінде температуралық интервал көрсетілген [12].

1-кесте – Алюминий құймаларын ыстықтай илемдеуде температуралық интервалдар

Құйма маркасы	Металл температурасы, °C			Құйма маркасы	Металл температурасы, °C		
	Илемдеу алдында	Үздіксіз бесклетті топшен	Илемдегеннен кейін		Илемдеу алдында	Үздіксіз бесклетті топшен	Илемдегеннен кейін
А1	>480	480-470	350-360	АМг5	410-450	400-430	360-370
АМг2	450-500	450-470	350-360	АМг6	430-470	400-430	360-370
АВ				D1	410-450	400-410	340-360
АМг	450-480	450-470	350+360	D16			
АМг3	410-450	390-420	310-330				

Қыздыру уақыты қорытпаның маркасы мен құйманың өлшемінен, пеш құрылымына байланысты әдетте 2-8 сағ.

Алюминий қорытпаларынан құймаларын қыздыру әдістемелік электрлік немесе газбен қыздырылатын конвейерлі пештер қолданады. Қыздыру пештерін автоматтандыру қыздыру процессін тұрақтандырып, пештердің өнімділігін арттырады, өнім сапасын жақсартады. Төменде заманауи конвейерлік пештің техникалық сипаттамасы берілген [13].

Пеш қуаты, кВт	540
Пеш кернеу, В	380
Пештегі камералар саны	2
Камералар габариті, мм:	
ұзындығы	38 000
ені	2 550
биіктігі	338
Камерадағы құймалар саны, дана	10-12
Қыздыру аймағының саны	5 (I-V)
Аймақ бойынша қуаты, кВт:	
I, II	150
III	120
IV	80
V	40

Қорытпаның жоғары жылуөткізгіштігі оның бастапқыдағы төменгі температурасы пештің I және II аймағында үлкен жылу ағынын қолдануға мүмкіндік береді. Кіре берісте температурада жылутасушы  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ , қабылдау аймағында берілген құйма маркасына мүмкін болатын температура орнатылады. Мұндай қыздыру режимі пеш ұзындығы бойынша көлденең ауа циркуляциясы көмегімен реттеледі. Ауа ағынының жылдамдығы  $10\text{ м/с}$ . Қыздырылған құймалар пеш конвейерінен алынып илемдеу орнағының рольгангіне арнайы шанышқылы кранмен ауыстырады. Илемдеуді құйма температурасы қажетті деңгейге түскен кезде бастайды [14].

Зерттеу жұмыстарының мәліметтері бойынша металлды ыстық қысыммен өндеуде сәтті жүргізу үшін негізгі үш факторға қатысты жағдай жасау керек: құрылымдық, температура-жылдамдықты және механикалық.

*Құрылымдық фактор* қорытпаның химиялық құрамымен, негізгі компоненттердің тор түрімен, олардың саны мен орналасуы (шекарасында немесе кристалдар ішінде, жинақталған түрде немесе қатты ертінді түрінде) сондай-ақ мөлшері, формасы және кристалдар бағыты бойынша анықталады.

Құрылымдық фактордың зиянды әсері құйылған материалда көбірек көрінеді. Компоненттердің қолайлы орналасуына қол жеткізу үшін құйылған құрылымды жақарту керек. Ол үшін құманы алдын-ала біртектілендіріп (гомогенизация) ыстық дформацияға ұшырату керек. Қорытындысында берік шекарасы біркелкі микротүйіршіктері бар құрылым пайда болады.

*Температура-жылдамдыққа факторына* келсек, ыстықтай илемдеу жағдайында деформациялауда алғашқыда аз қысым мен температура содан кейін оны жоғарлату арқылы.

*Механикалық фактор* деформациялау кезінде кернеуді құйма қиындысы бойынша біркелкі таралуын талап етеді. Әдеттегі жағдайда кернеу мен деформацияның құйма жолағы немесе қимасы бойынша біркелкі таралмауы айтарлықтай байқалады, әсіресе, қапталында және шеттерінде. Бірақ механикалық факторды жақсарту үшін кернеудің біркелкі таралмауын төмендету шаралары емес, құйманың шеткі аймақтарының майысқақтығын арттыру шаралары қолданылады. Мысалы, шеткі аймақтарын көлденең біліктер арқылы илемдеуде, яғни олардың деформациясы керу кернеуін азайтады. Бұл әдіс әсіресе ірі көлемдегі құймаларды илемдегенде тиімді.

Алюминий қорытпаларын илемдегенде деформациялау аймағындағы металл ағынын зерттеу жұмыстары негізінде деформациялау ошағында металл ағынының сипатамасы ыстықтай илемдеу процессіне әсер етеді деп бекітуге болады. Қима бойынша металл ағыны жылдамдығының біркелкі еместігі кернеудің біркелкі таралмауына әкелуі мүмкін. Қорытындысында металлдың майысқақтық қасиеті төмендеп, қалдық керу пайда болады. Одан басқа еңбек өнімділігімен өнім сапасы төмендейді.

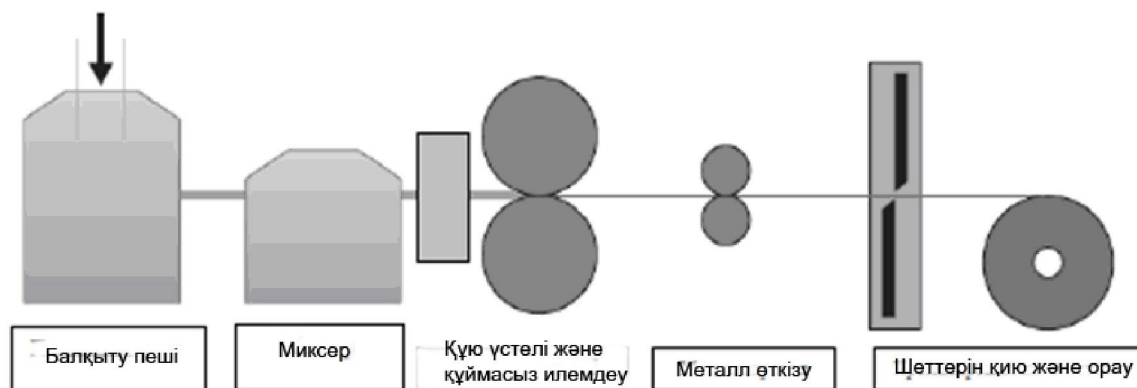
Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде деформацияның біркелкі болмауынан құйманың беткі қабатында кристалсыздану көп, өйткені ол ішкі қабатына қарағанда деформацияға көбірек ұшырайды. Бұл онда кристалсыздану температурасын басталуын төмендетеді. А1 маркалы алюминийді Рентген құрылымдық зерттеу құйманың беткі қабаты әр өткел сайын кристалсызданады, ортанғы қабаты айтарлықтай сирек кристалсызданады. Қортындысында ыстықтай илемденген алюминийде аймақтық құрылым байқалды: ортанғы аймағы құныстанған және талшықты құрылымға ие [15].

**Құймасыз фольгаға арналған дайындамалар алу.** Жұқатабақтық илемдеу мен фольга өндіру дамуының жаңа бағытының бірі – құю-илемдеу агрегаттарында алюминий қорытпаларын құюдың біріккен әдісі. Ол өткен ғасырдың 70-80 жылдары қарқынды дами бастады.

Біріккен әдіс жартылай сұйық-қатты фазада 50% қысу арқылы кристалдаушы біліктер түйіскен аймақта тікелей деформациялау арқылы балқымадан алюминий жолақтарын алу процесі.

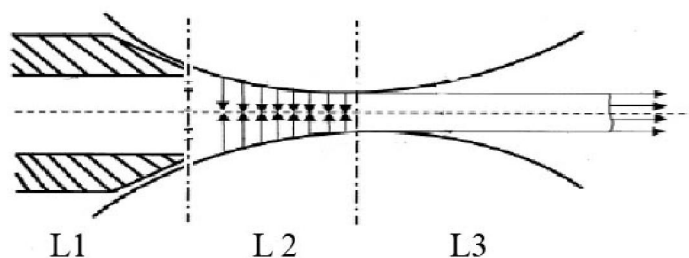
Құймасыз илемдеу (ҚИ) кешені индукционды немесе шағылыстырыш пештермен сәйкестендірілген. Пеште өңделгеннен кейін балқыма құйғыш науамен немесе ожаумен электрлік миксерге келіп түседі. Дайындалған және белгілі бір температураға дейін жеткізілген алюминий балқымасы миксерден арнайы ыдысқа рафинадтау үшін бағытталады. Әрі қарай кристаллизатор-біліктерге жіберіледі, Біліктің жұмыс аймағына ені бойынша біркелкі жайылады. Кристаллизатордың бетімен түйісу нәтижесінде сұйық металл кристалданып, әріқарай 40-50 % қысылу дәрежесімен ыстықтай илемденеді. Табақтық дайындама илемденген жолақтар түрінде түзетіліп және шеттері кесіледі және рулонға оралады. 6-суретте жалпы сұлбасы көрсетілген [16].





6-сурет – Құймасыз дайындама алудың технологиялық схемасы

Құю мен илемдеудің бірігуінің бір сипаты – кристаллдаушы біліктер осы кристаллдаушы фронтымен (шұқыры) тұрақты жағдайда болуы. Процесс тұрақтылығы шұқыр тереңдігі 22-30 мм, белсенді аймақ өлшемі (құйып таратқыш салманың соңынан біліктің осьтік жазықтығына дейінгі қашықтық) 40-60 мм, құю температурасы 680-700 °С білік беті ~120 °С. Осы шарттарда құйылған жолақ кристалданғаннан кейін біліктердің осьтік жазығына келіп 45-65 % деформациялану дәрежесімен илемденеді. 7-суретте құймасыз илемдеудің белсенді аймағы көрсетілген [17].



7-сурет – Құймасыз илемдеудің белсенді аймағы.  
L1 – суыту аймағы, L2 – кристалдану аймағы, L3 – илемдеу аймағы

2-кесте – Дайындама алу әдістерін салыстыру (8 т. үшін)

Технологиялық операция	Құйма арқылы дайындама алу		Құймасыз дайындама алу	
	Қажетті жұмысша саны, адам	Операцияның орташа уақыты, сағат	Қажетті жұмысша саны, адам	Операцияның орташа уақыты, сағат
Құю	2	16	2	8
Тасымалдау	2	3	9	0,5
Кесу	2	3	0	0
Фрезирование	2	6	0	0
Қыздыру	4	18	0	0
Ыстықтай илемдеу	8	6	0	0
Жылы илемдеу	2	2	0	0
0,5 мм дейін суықтай илемдеу	2	6	1	3
Шеттерін кесу	1	6	1	3
Дайындаманы жұмсарту	4	6	4	6
0,1 мм дейін суықтай илемдеу	2	3	2	2
Қабаттап илемдеу	2-4	8	2-4	6
Фольганы дайын өлшемдерге кесу	2	16	2	10
Фольганы соңғы жұмсарту	4	6	2	6
Барлығы	39-42	105	26-28	45

Рулондық дайындамаларды құю мен деформациялауды біріктіру арқылы құймасыз жаймалау агрегаттарында өндіру балқымаларды өңдеу мен құю, қыздыру мен ыстықтай илемдеу операцияларын қажет етпейді. Құймасыз жаймалау агрегаттарын қолдану қуат сыйымдылығын, еңбек шығыны, және күрделі салымдарды азайтады [18]. Алюминий жолақтарын құю және илемдеу процесінің негізгі артықшылығына тапсырыс берушінің техникалық талаптарына сай қажетті диаметрде 5-8 мм рулондық дайындама алу мүмкіндігі жатқызуға болады. Алюминий жолақтарын құю мен илемдеуді біріктіру арқылы алудың кемшілігіне өнімділігінің төмендігі, құйылатын балқыманың шектеулі диапазоны, беттік сапасының төмендігі және құйылған жолақ микроструктурасының біркелкі еместігін жақызуға болады [17].

Құю кезінде жоғары дәрежелі және сығу жылдамдығы өңделіп жатқан металлдың деформациялау ошағында температураның жоғарлауына алып келеді. Ұйымдастыру тәжірибесі мен логистика фольгаилемдеу өндірісі мен алюминий өндіру өндірістерін біріктіру әлдеқайда тиімді екенін көрсетіп отыр [16].

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Бажин В.Ю. Фольговые алюминевые сплавы под глубокую вытяжку высоколегированные алюминевые сплавы Al-Fe-Si-Mn. Монография. Palmarium Academic Publishing. 2013. – 184 с.
- [2] Райков Ю.Н., Кручер Г.Н. Алюминиевая фольга. Производства и применение. – М.: ОАО «Институт Цветметобработка», 2009. – 184 с.
- [3] Biankotti E. Революционный способ высокоскоростной непрерывной разливки тонкой ленты: установка Speed Caster // Fata Hanter, 1995.
- [4] Бобров А. Изготовление алюминиевой фольги // Национальная металлургия. Январь-февраль 2007.
- [5] Булыгин А. UC RUSAL: новые возможности прежней структуры // Aluminium International Today, 2007, май. – С. 2-4.
- [6] Nussbaum A.I. Ed. «Aluminum Foil Processing Technology» // Light Metal Age. – 1994 December. – P. 6-40.
- [7] Злотин Л.Б. и др. Современные станы для холодной прокатки лент и фольги из алюминия и его сплавов. – М.: ЦНИИЭИЦМ, 1988.
- [8] Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства Учебное пособие. – СПб.: Наука, 2005. – 540 с.
- [9] Попов В.А., Манык Н.А., Бредихин В.Н. В. Организационные и технологические особенности производства алюминевых сплавов // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – Випуск 13 (194). – С.137-147.
- [10] Бажин В.Ю., Сизяков В.М., Власов А.А., Фещенко Р.Ю. Поверхностные дефекты бесслитковой фольговой заготовки из высоколегированных алюминевых сплавов // Металлург. – 2012. – № 11. – С. 75-79.
- [11] Aluminium Times. European Map of Aluminium Rolling Mills. – January // February, 2003.
- [12] Aluminium Flat Rolled Markets // Metal Bulletin Research. – 29 october, 2007.
- [13] Бажин В.Ю., Баранов М.В. Формирование алюминевых полос при бесслитковой прокатке // Расплавы. – 2005. – № 4. – С. 33-41.
- [14] Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминевые сплавы. Состав, свойства, технология, применение Справочник / Под общ. ред. акад. И. Н. Фридляндера. – Киев: КОМИНТЕХ, 2005. – 365 с.
- [15] Баранов М.В., Бажин В.Ю. Дефекты фольговых заготовок и фольги из алюминевых сплавов: Учебное пособие. – Екатеринбург, 2006. – 126 с.
- [16] Капланов В.И. Холодная прокатка тонких полос с зеркальной поверхностью высшего класса // Вестник приазовского державного техничного університету // Серія: Технічні науки. – 2011. – Вип. 22.

#### REFERENCES

- [1] Bazhin V.Ju. *Fol'govye aljuminievye splavy pod glubokuju vytjazhku vysokolegirovannye aljuminievye splavy Al-Fe-Si-Mn*. Monografija. Palmarium Academic Publishing. **2013**. 184 p. (in Russ.).
- [2] Rajkov Ju.N., Krucher G.N. *Aljuminievaja fol'ga. Proizvodstva i primenenie*. M.: ОАО «Institut Svetmetobrabotka», **2009**. 184 p. (in Russ.).
- [3] Biankotti E. *Revoljucionnyj sposob vysokoskorostnoj nepreryvnoj razlivki tonkoj lenty: ustanovka Speed Caster // Fata Hanter*, 1995 (in Russ.).
- [4] Bobrov A. *Izgotovlenie aljuminievoj fol'gi. Nacional'naja metallurgija. Janvar'-fevral' 2007* (in Russ.).
- [5] Bulygin A. UC RUSAL: *novye vozmozhnosti prezhnej struktury. Aluminium International Today*, **2007**, maj. P. 2-4 (in Russ.).
- [6] Nussbaum A.I. Ed. «Aluminum Foil Processing Technology». **Light Metal Age**. **1994** December. P. 6-40 (in Eng.).
- [7] Zlotin L.B. i dr. *Sovremennye stany dlja holodnoj prokatki lent i fol'gi iz aljuminija i ego splavov*. M.: CNIIJeICM, **1988**. (in Russ.).
- [8] Rudskoj A.I., Lunev V.A. *Teorija i tehnologija prokatnogo proizvodstva Uchebnoe posobie*. SPb.: Nauka, **2005**. 540 p. (in Russ.).

- [9] V.A. Popov, N.A. Manjak, V.N. Bredihin. B. *Organizacionnye i tehnologicheskie osobennosti proizvodstva aljuminievych splavov*. Naukovi praci DonNTU. Metalurgija Vipusk 13 (194) **2012**. P. 137-147 (in Russ.).
- [10] Bazhin V.Ju., Sizjakov V.M., Vlasov A.A., Feshhenko R.Ju. Poverhnostnye defekty besslitkovej fol'govej zagotovki iz vysokolegirovannyh aljuminievych splavov. *Metallurg*. N 11. **2012**. P. 75-79 (in Russ.).
- [11] Aluminium Times. *European Map of Aluminium Rolling Mills*. January- February. **2003**. (in Eng.).
- [12] Aluminium Flat Rolled Markets// *Metal Bulletin Research*, 29 october, **2007**.
- [13] Bazhin V.Ju., Baranov M.V. Formirovanie aljuminievoj polosy pri besslitkovej prokatke // *Rasplavy*. **2005**. N 4. P. 33-41 (in Russ.).
- [14] Beleckij V.M., Krivov G.A. Aljuminievye splavy. Sostav, svojstva, tehnologija, primenenie Spravochnik / Pod obshh. red. akad. I. N. Fridljandera. Kiev: KOMINTEH, **2005**. 365 p. (in Russ.).
- [15] Baranov M.V., Bazhin V.Ju. *Defekty fol'govyh zagotovok i fol'gi iz aljuminievych splavov*. Uchebnoe posobie. Ekaterinburg. **2006**. 126 p. (in Russ.).
- [16] Kaplanov V.I. Holodnaja prokatka tonkih polos s zerkal'noj poverhnost'ju vysshego klassa. *Vestnik priazov'skogo derzhavnogo tehničnogo universitetu. Serija: Tehnični nauki* **2011**. Vip. 22 (in Russ.).

**С. А. Машеков, М. Р. Мауленова**

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,  
Алматы, Казахстан

### **СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ФОЛЬГИ**

**Аннотация.** Листы, ленты, проволока, фольга из алюминиевых сплавов могут быть изготовлены с использованием разных технологических схем. Экономическая эффективность производства обработки алюминиевых сплавов зависит от многих факторов, таких как технико-экономические характеристики оборудования, объем производства, себестоимость сырья и материалов и т.д. Традиционные схемы производства проката из слитка существуют многие десятилетия, и их улучшение идет, как правило, путем совершенствования оборудования.

В мире приблизительно 50 % полосовой заготовки для фольги все еще производят традиционным методом горячей прокатки слитков. До 1960-х гг. Это был единственный способ производства фольговой заготовки, который в последующие десятилетия столкнулся с сильной конкуренцией со стороны метода бесслитковой прокатки. Практически почти все новые фольгопрокатные предприятия, построенные в последние полвека, работают на бесслитковой заготовке.

Совмещенный способ литья алюминиевых сплавов на литейно-прокатных агрегатах из расплава является одним из новых направлений развития производства тонколистового проката и фольги. Метод непрерывного литья и прокатки для плоских алюминиевых заготовок имеет сравнительно небольшую историю, и получил интенсивное развитие в 70-80-ые годы прошлого столетия и является альтернативным способом получения листовой заготовки из слитка традиционным способом. В статье сделан обзор сравнивая способы изготовления заготовки фольги.

**Ключевые слова:** алюминиевые заготовки, фольга, литье, прокатка.