

**ТЕХНОГЕНДІ ШИКІЗАТТЫ КҮЙДІРІЛМЕГЕН
ЖЕҢІЛ ТОЛТЫРҒЫШТАРДЫ АЛУҒА ПАЙДАЛАНУ**

**Сарбас М.Н.,
Сулейменов Ж.Т., Абуталипов Е.А.
М.Х. Дулати ағындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ.**

Металлургиялық шлактар өндірілуіне байланысты қара және жылтыр металлургиялық шлактар болып бөлінеді. Біріншіге, доменді, болат балқымалы, шойынды және ферро балқымалы шлактар жатады.

Шлак доменді процестің активті қатысушысы болып табылады. Оның физико-химиялық құрамы металдың қайта құрылуы мен десульфурациясына, пештің футерлеу қызметіне, металдан жақсы бөлініп шығу қабілетіне және басқа процестерге айтарлықтай әсер етеді. 1 т болат алу кезінде 0,6 – 0,7 т доменді шлак пайда болады.

Доменді шлактар өндірісі, CaO мен MgO оксидтерінің құрамының қосындысының SiO₂ мен Al₂O₃ құрамының қосындысына қатынасының түбір моделі бойынша негізгі, қышқылды және нейтральді болып бөлінеді.

Егер түбір модулі бірліктен үлкен болса, онда шлактар негізгі болады. Қышқылдығы жататын шлактардың негізгі модулі бірліктен кіші, ал нейтральді шлакқа негізгі модулі бірлікке тең болуы керек.

Түйіршіктелген шлактар үш топқа бөлінген. Бірінші топ – күкірттелген аз марганцовкалы шлактар, бұл шлактардағы кальций сульфидінің тотығуы, SO₃ – 4-5%, MnO – 1.0-1.5%, оларды литийлы және болатты балқымада алады. Екінші топ – күкіртті марганцовкалы шлактар, SO₃ – 4-5%, MnO – 6-17% дейін, CaS болмағандықтан, бұл шлактар өздігінен активтелмейді, алайда, түбінде жату активациясы кезінде (цементпен, гипспен) бұл топтағы шлактар бірінші топтағы шлактардан активтілігіне байланысты қалыспайды. Үшінші топ – аз күкіртті, сазды жерге бай шлактар, SO₃ >1%, Al₂O₃ – 14-20%; екінші топтағы шлактар сияқты, сыртқы козу активациясы кезінде ғана активтілікке ие.

Шлактардың химиялық және гидравликалық активтіліктерін бағалау үшін, нормативтік құжаттарда басқа да модульді сипаттамалар қолданылады. Мысалға, ГОСТ 3476-74 бойынша к сапалық коэффициенті қолданылады:

$$k = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2), \text{MgO} \leq 10\%;$$

$$k = (\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + 10) / [\text{SiO}_2 + (\text{MgO} - 10) + \text{TiO}_2], \text{MgO} > 10\%.$$

Құрамындағы жеке оксидтердің мөлшеріне байланысты доменді шлактар шартты түрде темірлі (FeO 5% астам), марганецті (MnO 4% астам), фосфорлы (P₂O₅ 3% астам), магнезиялы (MgO 10% астам), титанды (TiO₂ 5% астам) және т.б.

Доменді шлактардың көп мөлшері Ресей, Бельгия, Чехияда түйіршіктелген шлактар (52 - 95%) алу үшін қолданылады, негізгі бөлігін цемент өндірісі үшін пайдаланады. Франция мен Германияда дәл осындай доменді шлактардың (50-55%) көп мөлшері түйіршіктеуге ұшырайды.

Айтылған мемлекеттерден басқа АҚШ, Англия және Жапония шлактарды басты түрде шебеньге қайта өңдейді Алайда энергетикалық кризиске байланысты және бұл мемлекеттерді соңғы уақыттарда түйіршікті шлактарды өндіруді арттыру және оларды цемент өндірісінде пайдалану тенденциясы артуда.

Доменді шлактар құрамына басты түрде төрт оксид кіреді: CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, құрамдарының қосындысы 90% аспайды. Құйманың ең тиімді химиялық құрамы негізгі оксидтер шегінде (CaO + MgO) 42-ден 52%-ға дейін және шыны туындататын оксидтер (SiO₂, Al₂O₃) 45-тен 55%-ға дейін.

ГОСТ 3476-74 талаптарына сәйкес «Цемент өндірісі үшін доменді шлактар және электротермофосфорлы түйіршіктер» түйіршіктелген шлактар 3 сортқа бөлінеді. Шлактар сапасының көрсеткіштері 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1

Түйіршіктелген доменді шлактар сапасының көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Сорт		
	I	II	III
Сапа коэффициентінен кем емес	1,65	1,45	1,20
Al ₂ O ₃ , %	8,0	7,5	Нормаланбаған
MgO, %	15,0	15,0	15,0
TiO ₂ , %	4,0	4,0	4,0
MnO, %	2,0	3,0	4,0

Доменді түйіршектелген шкала құрамы К сапа коэффициентімен сипатталады, ол мына формуламен анықталады:

10% дейінгі MgO құралған кезде:

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%SiO_2 + \%TiO_2}; \quad (1)$$

10%-дан артық MgO құралған кезде:

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + 10}{\%SiO_2 + \%TiO_2 + \% (MgO - 10)}. \quad (2)$$

Салқындату тәсіліне байланысты доменді шлак түйіршіктелген және баяу салқындалатан болып бөлінеді. Шлактардың микроқұрылымында айтарлықтай айырмашылық бар. Түйіршіктелгендер үшін кеуектер аралығындағы ара қабықпен бірге кереуіктік пемзо тәріздес құрылымына тән, мөлдір шынымен толтырылған. Қалдықты кесек шлактар көбінесе ірі мелатитпен бірге фарфор тәріздес құрылымды, кальций ортоциликатын (β – модификация), ранкинит немесе шыны мен басқа кристалды фаза массасының жұқа түйіршік тәріздес фонда болады.

Шлактарды өте жылдам салқындатқанда кристалдану қиындайды және шыны тәріздес (аморфты) құрылымға иелену мүмкіндігін алады: кереуікті және негізі ірі ыстық құймалар кезінде және шамалы температураға қатысты (1350-1270⁰C) қышқылды құймалар кезіндегі өте тығыздық - размері 5 – 10 мм түйіршіктер алынады. Металлургиялық қалдықтар активтілігі оттағы сұйық шлактардың түйіршікке айналуына дейінгі шала уақытына әсер ететін, түйіршіктеу моментіндегі құймалар температурасына байланысты екендігі құрылған. Құймалардың төмен температурасына (1380-1420⁰C) қатысты төмен активті шлактар алынады, 1420-1480⁰C құйма температурасы кезінде гидравликалығы бірден өседі, кристалдық фаза туындаған температура аймағында максимумға жетеді. 1538-ден 1479⁰C-ға дейін шлақты құйма температурасының төмендеуі шлак активтілігін 40% төмендетеді. Жоғары температуралы (1600⁰C – тан жоғары) құймалар кезіндегі түйіршіктер, керісінше, шикізат активтілігінің артуына әсер етеді. мұндай құрылым кезіндегі шлақты құраушылар тұрақсыз, тепе – тең емес жағдайда және кристалданған шлактарға қарағанда, олардың активтілігі жоғары емес. Дәл сондай химиялық құрамға ие болып, шлақты шыны химиялық және физикалық құрамы бойынша кристалданған шлактармен салыстырғанда айтарлықтай айырмашылығы бар.

Зерттеу үшін доменді шлактардың келесі түрлері таңдалды:

- түйіршіктелген жылдам салқынданатын ұнтақталмаған;
- ұнтақталған баяу салқынданатын кристалды шлак, металлургиялық комбинат (КМК) және Батыс – Сібір металлургиялық комбинат (БСМК).

Шлактардың физико – химиялық сипаттамалары 2 кестеде келтірілген.

Баяу салқынданатын кристалды шлактар беріктігі айтарлықтай жоғары, түйіршіктелгенге қарағанда. Сондықтан соңғысы мықты ұнтақталумен сипатталады және меншікті бетіне тең болатындай қылып ұнтақтау үшін қажетті энергияны 1,5-2 есе үнемдейді.

Сипаттамалар	Шлак түрі	
	түйіршіктелген	үйінді, ұнтақталған
Шынайы тығыздығы, кг/м ³	2900	2900
Түйіршіктегі тығыздық, кг/м ³	1700	2500
Сеппе тығыздығы, кг/м ³	1200	1500
Су сіңіргіштігі, %	15	12
Түйіршік кереуіктігі, %	32	14
Түйіршіктердегі бос аралық, %	45	16
Цилиндрдегі тәжірибе кезіндегі беріктігі, МПа	48	60
Ескерту: шлактар құрамының орташа көрсеткіштері келтірілген.		

Баяу салқындату кезінде шлактардың белгілі бір бөлігі, тұтқыр құрамға ие емес, түрлі тұрақты минералдар түрінде кристалданып үлгереді. Мұндай шлактарда магний мен кальцийдің силикаты мен алюмосиликаты құрайды: галенит $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, окерманит $2CaO \cdot Mg \cdot 2SiO$, мелилит деп аталатын окерманит пен галениттің қатты қоспалары, γ және β – формасындағы екі кальцийлі силикат, волластонит тәрізділер және волластонит $CaO \cdot SiO_2$, ранкинит $3CaO \cdot 2SiO_2$, анортит $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, мервинит $3CaO \cdot MgO \cdot 2SiO$, сондай-ақ сульфатты қоспалар (CaS , MnS , FeS); магнетит $FeO \cdot Fe_2O_3$, $2RO \cdot SiO_2$ типті оливиндер; магнизиальды шпинель $MgO \cdot Al_2O_3$; монтичеллит $CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$ және шыны тәріздес массаның біраз мөлшері. Алу тәсілдеріне байланысты шлактардың минералды құрамы 3 кестеде келтірілген.

Шлак түрі	Құрамы		Минералды құрамы, мас. %				
	шыны-фаза	кристалды-фаза	геленит	окерманит	волластонит тәрізді	ортосиликат	басқа минералдар
Жартылай құрғақ грануляция	91	9	36,3	29,0	-	24,0	10,7
Дымкыл грануляция	95	5	38,0	42,0	17,0	-	3,0
Ұнтақталған	13	87	36,3	27,6	15,0	-	21,2

Құрамындағы СаО 45% астам шлактар силикатты ыдырауға бейім болады. Бұл шлактағы минерал – тұрақсыз формадағы екі кальцийлі силикат 675⁰С кезінде тұрақты жағдайға өтеді, оның көлемін 10% арттырады. Нәтижесінде шлак шытынайды және шашылады. Бұл құбылыс силикатты ыдырау деген атпен белгілі. Қатқан шлактардың бұзылуы асбестті, темір және марганецті ыдырау нәтижесінде және бастапқы көлемінің артуынан болуы мүмкін. Қатқын шлақтың бүтін кристалды құрылымының бұзылуы оның механикалық құрамының өзгеруіне алып келеді.

Мұндай өздігінен шашылып қалатын шлактарды қолдану кезіндегі құйма шлактар өнімінің өндірісінде шлақты қоспаларды тұрақтандыру керек, берік кристалды құрылымды алу үшін олардың химиялық және минералдық құрамын өзгерту керек.

Силикатты ыдыраудағы шлактардың беріктігін бағалайтын келесі формулалар бар, %:

$$SiO_{2 \min} = \frac{100 - \sum RO}{2.5}; \quad (3)$$

$$CaO_{\max} = \frac{100 - \sum RO}{1.8}, \quad (4)$$

мұндағы $\sum RO$ – шлактағы барлық оксидтердің суммасы, СаО және SiO₂ қоспағанда.

Егер (3) және (4) формулалар бойынша белгілі есеппен, олардың мөлшеріндегі SiO₂ кіші, ал СаО үлкен болса, шлактар ыдыраушы болып есептеледі. Силикатты ыдырау кезіндегі масса шығыны 4,5 – 5,0% құрайды.

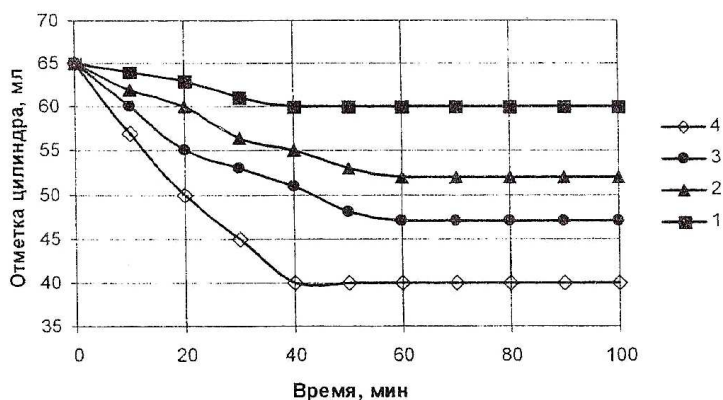
Шлактардағы силикатты ыдыраудың алдын алу бірнеше тәсілдері бар. Олардың бірі термиялық, онда шлактардың кристалдануын бірден салқындатумен ұстайды, түйіршікті шлактарды өндіру технологиясымен ұйымдастырылған. Ұсақ ұнтақталған шлактар негізіндегі түйіршіктелген материалдарды алу үшін қалауынша өздігінен шашырайтын шлактарды алған тиімді, ол энергия шығынын төмендетеді.

ГОСТ 310.6-85 регламентіндегі тәсіл бойынша материалдардың су ұстағыш қабілеті, судағы (В/Ц=1/1) цемент тұнбасының тіркелу жылдамдығы және су бөліну (Кс) коэффициенті есебі анықталады, %:

$$K_c = (V_0 - V) / V_0 \cdot 100, \quad (5)$$

мұндағы V_0 – цементті қоспаның бастапқы көлемі, мл; V – цементті қоспаның тұнған көлемі, мл.

1 суретте түйіршіктелген отқа төзімді материалдарды алу үшін қабылданған дисперстік минералды материалдардың су бөліну қисығы көрсетілген.



1 – шлак портландцемент; 2 – микрокремзем; 3 – ұсақ ұнтақталған доменді шлак+микрокремзем; 4 – ұсақ ұнтақталған доменді шлак.

Сурет 1. Минералды дисперстік материалдардың су бөлінуі

Микрокремзем қосымшасын енгізу су бөліну процесін баяулатады (3 – қисық), K_c көрсеткіші 27,7% көрсетеді. Бастапқы уақытта (20 минут аралығында) шлакқа микрокремземді қосқанда су бөлінбейді (шлак портландцемент сияқты). Бұл түйіршіктелген материалдар алу үшін оны қоспаларда пайдалануға қолданылады. Процесс 40 минуттан кейін тұрақтанады.

Ұсақ ұнтақталған доменді шлактардың су бөліну коэффициенті 40,0% құрайды, ол суды бірден бөле бастайды және процесс 50 минутқа созылады.

Зерттеулер нәтижесінде домна шлактары күйдірілмеген жеңіл толтырғыштарды алу үшін сапалы шикізат екендігі анықталды.