

# “ԵՀԳԳ արևելյան երկրներում օդի որակի կառավարում” AIR-Q- GOV

“Լավագույն հասանելի  
տեխնոլոգիաներից բխող  
արտանետումների քանակների և  
ընտրված բնագավառների  
համար արտանետումների  
սահմանային չափաքանակների  
մշակում» պիլոտային ծրագիր

*Հավելված V. Լավագույն հասանելի  
տեխնոլոգիաների տեղեկատու  
փաստաթուղթ ցեմենտի արտադրության  
համար*

*2013թ. Մեպտեմբերի 11*



This project is funded  
by the European Union



And implemented  
by a consortium led by MWH

Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում

## Ամփոփ տեղեկություններ

ԾՐԱԳՐԻ ԱՆՎԱՆՈՒՄԸ՝

ԵՀԳԳ արևելյան երկրներում օդի որակի կառավարման

**«Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում»**  
պիլոտային ծրագիր

«Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաների տեղեկատու փաստաթուղթ ցեմենտի արտադրությունների համար»

ՊԱՅՄԱՆԱԳԻՐ՝

2010/232-231

ԵՐԿԻՐ՝

Հայաստան

### ԿԱՏԱՐՈՂ

ԱՆՎԱՆՈՒՄԸ՝

«ՔՈՆՍԵԿՈԱՐԴ» ՍՊԸ

ՀԱՍՑԵ՝

ՀՀ, Երևան, Գրիբոյեդովի 1ա/12

ՀԵՌԱԽՈՍ՝

+ 374 10 24 96 98, +374 91 586635

ՊԱՏԱՄԽԱՆՍՈՒ ԱՆՁ՝

Վոսաթ Թևոսյան

ՆԵՐԿԱՅԱՑՎԱԾ՝

2013թ. սեպտեմբերի 11

ՀԱՇՎԵՏՎՈՒԹՅԱՆ ՀԵՂԻՆԱԿ՝

Վոսաթ Թևոսյան

ԱՌՈՋԱՏԱՐ ՓՈՐՁԱԳԵՏ՝

Այգա Կալա

*Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

## **ԱՍՓՈՓԱԳԻՐ**

Հայաստանի կազմակերպությունների համար “Ցեմենտի արտադրության” լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաների (ԼՀՏ) տեղեկատու փաստաթուղթը կազմված է Եվրոպական Հանձնաժողովի (Միավորված գիտական կենտրոն՝ առաջադեմ տեխնոլոգիաների Ինստիտուտ, շրջակա միջավայրի համալիր վերահսկման և կանխարգելման Եվրոպական բյուրոյի մրցունակության և կայուն զարգացման Բաժին, 2009) “Ցեմենտի, կրաքարի և մագնիումի օքսիդի լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաների տեղեկատու փաստաթղթի” հիման վրա:

Տեղեկատու փաստաթուղթը մշակվել է “Ընտրված սեկտորներում և արտադրություններում ԼՀՏ համապատասխան արտանետումների մակարդակների և սահմանային թույլատրելի արտանետումների մշակում” պիլոտային ծրագրի ընթացքում, որն իրականացվում է ԵՄ “ԵՀԳԳ արևելյան երկրներում օդի որակի կառավարման” ծրագրի շրջանակներում (Air Quality Governance in the ENPI East Countries - AIR-Q-GOV):

Փաստաթուղթն իրենից ներկայացնում է ԵՄ հղումային փաստաթղթի կրճատ և ադապտացված տարբերակ, որը վերաբերվում է Հայաստանում առկա ցեմենտի արտադրությունների տեխնոլոգիական հանգույցներին: Փաստաթուղթը պարունակում է տեղեկատվություն հիմնական տեխնոլոգիական սարքավորումների և գործընթացների մասին, ինչպես նաև հումքի և էներգիայի ժամանակակից օգտագործման և արտանետումների մակարդակների վերաբերյալ ԼՀՏ հիմնական եզրակացություններ:

## **ՍՈՒՑՆ ՓԱՍՏԱԹՂԹԻ ՇՐՋԱՆԱԿՆԵՐԸ**

Փաստաթուղթն ընդգրկում է արտադրության գործունեության այն ոլորտը, որը ներկայացված է ԵՄ 2010/75/EC (IED) I Հավելվածի 3.1 բաժնում, այն է՝ “Օրական ավելի քան 500 տոննա արտադրողականությամբ պտտվող վառարաններում ցեմենտի կլինկերի արտադրություն կամ այլ վառարաններում օրական ավելի քան 50 տոննա արտադրողականություն”:

Հիմնական տեխնոլոգիական պրոցեսների հետ մեկտեղ, տվյալ փաստաթուղթը ներառում է նաև ուղեկից գործունեության տեսակները՝ հումքային նյութերի պատրաստումից մինչև վերջնական արտադրանքի առաքում: Արտադրության որոշ պրոցեսներ, ինչպիսիք են քարհանքի հանույթը և կլինկերի արտադրության հանքային վառարանները, չեն դիտարկվում, քանի որ դրանք ուղղակիորեն չեն կապված հիմնական արտադրության պրոցեսների հետ:

Փաստաթուղթը չի պարունակում ԵՄ տեղեկատու փաստաթղթի բոլոր մանրամասները: Հետևաբար, ԼՀՏ ցուցանիշների օգտագործման մասին որոշում ընդունելիս, այն չի կարող դիտվել, որպես ԵՄ տեղեկատու փաստաթղթի լիարժեք փոխարինող:

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

1. ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ .....	6
1.1. Որպես լավագույն հասանելի դիտարկվող տեխնոլոգիաներ .....	6
1.2. Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներ .....	6
1.3. Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության հետ կապված հիմնական հարցերը .....	6
1.4. Օգտագործվող գործընթացները և տեխնոլոգիաները .....	6
2. ՑԵՄԵՆՏԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ.....	7
2.1. Ընդհանուր տեղեկատվություն .....	7
2.2. Ցեմենտի արտադրության ժամանակ կիրառվող եղանակները և գործընթացները .....	7
2.3. Հումքային նյութեր՝ պահպանում և նախապատրաստում .....	8
2.4 Կլինկերի թրծում.....	9
2.5 Կլինկերային սառնարաններ .....	12
2.6 Կլինկերի մանրացում (աղում) և պահեստավորում .....	13
3. ՀՈՒՄՔԻ ԵՎ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐ .....	17
3.1. Հումքի օգտագործումը.....	17
3.2. Էներգասպառում .....	18
3.2.1 Ջերմային էներգիայի սպառում.....	18
3.2.2 Էլեկտրաէներգիայի սպառում.....	18
4. ՄԹՆՈԼՈԳՏԱՅԻՆ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐ .....	18
4.1. Ծխագազերի ծավալի և կոնցենտրացիաների հաշվարկման ժամանակ օգտագործվող հասկացությունները .....	18
4.2. Արտանետումներ.....	19
4.2.1. Փոշի .....	19
4.2.2 Ազոտի օքսիդներ .....	20
4.2.3 Ծծմբի երկօքսիդի արտանետումները .....	20
4.2.4 Ածխածնի օքսիդներ .....	21
4.2.5 Ընդհանուր օրգանական միացություններ.....	21
4.2.6 Պոլիքլորացված պարա-դիբրենզոդիօքսիդներ և դիբրենզոֆուրաններ .....	22
4.2.7 Մետաղներ և դրանց միացություններ .....	23
4.2.8 Սնդիկ.....	24
4.2.9 Քլորաջրածին և ֆտորաջրածին (HCl և HF).....	25
4.2.10 Ամոնիակ (NH3).....	26
4.2.11 Բենզոլ, տոլուոլ, էթիլբենզոլ և քսիլոլ.....	26

4.2.12 Պոլիարոմատիկ ածխաջրածիններ.....	26
4.2.13 Այլ օրգանական նյութեր.....	26
5. ՈՐՊԵՍ ԼԱՎԱԳՈՒՅՆ ՀԱՍԱՆԵԼԻ ԴԻՏԱՐԿՎՈՂ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ.....	27
5.1. Ցեմենտի արտադրությունների համար լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներ.....	27
5.2. Բնապահպանական կառավարման համակարգեր.....	29
5.3. Հիմնական առաջնային տեխնիկական լուծումներ.....	30
5.4. Էներգասպառում և գործընթացի ընտրություն.....	30
5.5 Փոշու արտանետումներ.....	31
5.5.1 Փոշու չկազմակերպված արտանետումներ.....	31
5.5.2 Փոշու կազմակերպված արտանետումներ.....	32
5.5.3 Կլինկերի թրծման վառարանի փոշու արտանետումներ.....	32
5.5.4 Մանրացման և հովացման ընթացքում փոշու արտանետումներ.....	32
5.6 Գազային նյութեր (միացություններ).....	32
5.6.1 NOx արտանետումներ.....	32
5.6.2 Ծծմբի օքսիդի արտանետումներ.....	34
5.6.3 CO արտանետումներ և CO անցահոսքեր.....	34
5.6.4 Օրգանական միացությունների գումարային արտանետումներ.....	35
5.6.5 Քլորաջրածնի (HCl) և ֆտորաջրածնի (HF) արտանետումներ.....	35
5.6.6 Պոլիքլորային դիբենզոդիօքսինների և դիբենզոֆուրանների արտանետումներ.....	35
5.6.7 Մետաղների արտանետումներ.....	36
5.7. ԼՀՏ հակիրճ ամփոփում ցեմենտի արդյունաբերության համար.....	36
6. ՑԵՄԵՆՏԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐԱՅԻՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ.....	37
6.1. Արտանետվող վառարանային գազերի մշակում նատրիումի փոշենման բիկարբոնատով.....	37
6.2. Վառելանյութի փուլային այրման և ազոտի օքսիդի վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ տեխնոլոգիաների համատեղում.....	38
6.3 Եռացող շերտում ցեմենտի արտադրության տեխնոլոգիա.....	38
ՀԱՊԱՎՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ	
ԼՀՏ` լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներ	
ՏՓ` տեղեկատու փաստաթուղթ	
ԵՄ` Եվրամիություն	
ՀՀ` Հայաստանի Հանրապետություն	
ԲԿՀ` բնապահպանական կառավարման համակարգեր	
ՊՔԴԴ/Ֆ` պոլիքլորացված դիբենզոդիօքսիններ և դիբենզոֆուրաններ	

## **1. ՆԵՐԱՇՈՒԹՅՈՒՆ**

### **1.1. Որպես լավագույն հասանելի դիտարկվող տեխնոլոգիաներ**

Ցեմենտի արտադրությունում N2010/75/EC (IED) Դիրեկտիվի պահանջների կատարման համար կարևոր չափորոշիչներն են՝ մթնոլորտային արտանետումների նվազեցումը, էներգիայի և հումքային նյութերի օգտագործման արդյունավետությունը, արտադրական թափոնների կրկնակի օգտագործումը, կորուստների կրճատումը, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի պահպանության և էներգիայի օգտագործման արդյունավետ համակարգերը: Վերը նշված չափորոշիչները վերաբերվում են արտադրական գործընթացների մեջ ներառված տարբեր տեխնոլոգիաներին, ցեմենտի արտադրությունում կիրառվող տեխնոլոգիական հանգույցներին: Սույն փաստաթղթի մեջ ներառված տեխնոլոգիաները թույլ են տալիս հասնել շրջակա միջավայրի պահպանության բարձր մակարդակի:

### **1.2. Հավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներ**

Որպես լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներ դիտարկվում են ցեմենտի արտադրության ոլորտի այն տեխնոլոգիաները, որոնք համապատասխանում են 2010/75/EU Դիրեկտիվի L2S սահմանմանը: L2S նաև առաջարկում են արտանետումների և հումքի օգտագործման այնպիսի մակարդակներ, որոնք բխում են L2S-ից: L2S-ները չեն առաջարկում արտանետումների սահմանային ցուցանիշներ: Դիրեկտիվում ընդգրկված սարքավորումների համար յուրաքանչյուր դեպքում արտանետումների քանակների և չափաքանակների սահմանումը մտնում է կառավարման մարմինների իրավասության մեջ:

### **1.3. Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության հետ կապված հիմնական հարցերը**

Պորտլանդցեմենտային կլինկերի այրման գործընթացը, ցեմենտի արտադրության ամենակարևոր մասն է կազմում, որը կապված է շրջակա միջավայրի հարցերի՝ մասնավորապես էներգիայի ծախսի և մթնոլորտ արտանետումների հետ: Կախված կիրառվող արտադրական գործընթացից, ցեմենտի արտադրությունը ուղեկցվում է մի շարք վնասակար նյութերի արտանետումներով:

Մթնոլորտ արտանետվող հիմնական աղտոտիչներն են՝ փոշին, ազոտի և ծծմբի օքսիդները: Բացի այդ, արտանետվում են նաև ածխածնի օքսիդներ, պոլիքլորացված դիբենզոդիօքսիններ և դիբենզոֆուրաններ, ընդհանուր ածխածին, որն առկա է օրգանական միացություններում, մետաղներ, քլորի և ֆտորի միացություններ: Օդի աղտոտիչների, թափոնների և կեղտաջրերի քանակը և տեսակը կախված են տարբեր գործոններից՝ օգտագործվող հումքի և վառելիքի տեսակից, կիրառվող գործընթացից:

ԵՄ երկրների ցեմենտի արտադրություններում 1 տոննա կլինկեր ստանալու համար օգտագործվող հումքի միջին ցուցանիշը կազմում է 1.52 տոննա: Արտադրության գործընթացի հիմնական բնորոշիչներից է դեկարբոնիզացիան ( $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ), որի հետևանքով օդ է արտազատվում ածխածնի դիօքսիդ և ուղեկցող մի շարք այլ նյութեր:

### **1.4. Օգտագործվող գործընթացները և տեխնոլոգիաները**

Հումքի ներկրումից, մանրեցումից և համասեռացումից հետո ցեմենտի արտադրման առաջին գործընթացն է կալցիումի կարբոնատի կալցինացումը թրծման միջոցով, ինչի հետևանքով կալցիումի օքսիդը մյուս նյութերի՝ սիլիցիումի, ալյումինիումի և երկաթի օքսիդների հետ բարձր ջերմաստիճանի պայմաններում ձևավորում է պորտլանդցեմենտային կլինկեր: Այնուհետև ցեմենտի ստացման համար, կլինկերը մանրեցվում է գիպսի և այլ

բաղադրիչների հետ: Կալցիումը պարունակվում է կրաքարի, մերգելի և կավիճի մեջ: Միլիկահող, երկաթի և ալյումինի օքսիդներ կան տարբեր հանքերում և հանքաքարերում: Որպես բնական հումքային նյութի մասնակի փոխարինող օգտագործում են նաև տարբեր արտադրական թափոններ:

Ցեմենտի արդյունաբերությունը էներգատար է, որի ժամանակ էլեկտրաէներգիայի ծախսը կազմում է վերջնական արտադրանքի արժեքի 30-40%: Այրման գործընթացի իրականացման համար ջերմային էներգիան ապահովվում է բնական վառելիքի կամ տարբեր արտադրական թափոնների օգտագործման միջոցով:

## **2. ՑԵՄԵՆՏԻ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՅԱՆ**

### **2.1. Ընդհանուր տեղեկատվություն**

Ցեմենտը, դա մանրաչափ, ոչ մետաղական, անօրգանական փոշի է, որը ջրի հետ խառնվելով առաջացնում է ամրացող և պնդացող մածուկ: Այդ հիդրավիկ պնդացումը տեղի է ունենում շնորհիվ կալցիումի սիլիկատների հիդրատների առաջացման, որը ջրի և ցեմենտի բաղադրիչների միջև ռեակցիայի արդյունք է: Ալյումինատային ցեմենտի դեպքում հիդրավիկ պնդացումը բերում է կալցիումի ալյումինատների հիդրատների ձևավորման:

Ցեմենտը, դա բազային նյութ է շինարարության համար: Եվրոպայում ցեմենտի և բետոնի (ցեմենտի, լցանյութի, ավազի և ջրի խառնուրդ) օգտագործումը շինարարական աշխատանքների համար, առկա էր դեռ հնադարյան ժամանակաշրջանից:

Պորտլանդցեմենտը, որը լայնորեն կիրառվում է բետոնային կառույցներում, արտոնագրվել է 1924 թվականին: Ցեմենտի արդյունաբերության հզորությունը ուղղակիորեն կապված է շինարարական արդյունաբերության հետ, և այդ պատճառով էլ հստակորեն արտացոլում է տնտեսական իրավիճակը:

Ցեմենտ արտադրող գործարաններում շրջակա միջավայրի հիմնական արտանետումներն են փոշին, ազոտի օքսիդները (NOx) և ծծմբի երկօքսիդը (SO<sub>2</sub>): Այլ արտանետումներ են հանդիսանում ցնդող օրգանական միացությունները, պոլիքլորացված դիբենզոդիոքսինները, դիբենզոֆուրանները և քլորաջրածինը (HCl): Նույն կերպ սովորաբար ուսումնասիրվում են ածխածնի օքսիդի, ֆտորաջրածնի, ամոնիակի, բենզոլի, տոլուոլի, էթիլբենզոլի, քսիլոլի, պոլիարոմատիկ ածխաջրածինների, մետաղների և իրենց միացությունների արտանետումները, ինչպես նաև աղմուկը և հոտը:

Ավանդական վառելանյութերը փոխարինվում են համապատասխան վառելիքային թափոններով և/կամ բիոգանգվածով և օգտագործվում են ցեմենտի արտադրության պրոցեսում:

Ցեմենտի արտադրությունը ծախսատար արդյունաբերություն է: Ցեմենտի արտադրության նոր գործարանի արժեքը համարժեք է եռամյա շրջանառությանը, որը ցեմենտի արտադրությունը դասում է ծախսատար արտադրությունների շարքին: Ցեմենտի արտադրության եկամուտը կազմում է ապրանքաշրջանառության մոտավորապես 10%:

### **2.2. Ցեմենտի արտադրության ժամանակ կիրառվող եղանակները և գործընթացները**

Ցեմենտի արտադրության հիմնական քիմիական պրոցեսը սկսվում է կալցիումի կարբոնատի (CaCO<sub>3</sub>) տաքրալուծումից 900 °C –ից բարձր ջերմաստիճանում կալցիումի (CaO կամ կրաքարի) ձևավորմամբ և գազանման ածխածնի երկօքսիդի (CO<sub>2</sub>) արտամղմամբ. այս պրոցեսը հայտնի է որպես կալցինացում: Դրան հետևում է կլինկերի գոյացման պրոցեսը,

որում կալցիումի օքսիդը բարձր ջերմաստիճանի պայմաններում (սովորաբար 1400-1500°C) ռեակցիայի մեջ է մտնում սիլիկատային ավազի, կավահողի և երկաթի օքսիդի հետ, ձևավորելով կալցիումի սիլիկատներ, ալումինատներ և ֆերիտներ, որոնք էլ ստեղծում են կլինկեր: Կլինկերը մանրեցվում կամ աղացվում է գիպսի և այլ նյութերի հետ՝ ստեղծելով ցեմենտ: Գոյություն ունի ցեմենտի արտադրության չորս հիմնական եղանակ՝ չոր, կիսաչոր, կիսախոնավ և խոնավ՝

- չոր եղանակի դեպքում, հումքային նյութերը սորուն զանգվածի տեսքով մանրեցվում և չորացվում են հումքային աղացում: Չոր հումքային բովախառնուրդը օգտագործվում է ցիկլոնային ջերմափոխանակիչով կամ կալցինատորով վառարանի սնուցման, կամ հազվադեպ՝ երկար չոր վառարանի համար,

- կիսաչոր եղանակի դեպքում, չոր հումքային բովախառնուրդը հատիկավորվում է ջրի հետ և վառարանից առաջ սնուցվում է կրակակալ տաքացուցիչ կամ բջջային ջերմափոխանակիչներով երկար վառարան,

- կիսախոնավ եղանակի դեպքում, շլամը նախապես ջրազրկվում է գոման միջոցով: Զտիչի վրա առաջացած սորախցուկը (քամիչի նստվածքը) հատիկավորվում է արտամղման (էքստրուզիա) եղանակով և սնուցվում է կամ կրակակալ տաքացուցիչ, կամ անմիջապես հումքային սորախցուկի չորանոց՝ հումքային բովախառնուրդի ստացման համար,

- խոնավ եղանակի դեպքում, հումքային նյութերը (հաճախ բարձր խոնավությամբ) մանրացվում են ջրի առկայության պայմաններում, առաջացնելով հումքային շլամ: Ապարախյուսը (շլամ) կամ նախապես սնուցվում է շլամի չորանոց, կամ անմիջապես պտտվող վառարան:

Արտադրության եղանակի ընտրությունը մեծամասամբ որոշվում է հումքային նյութերի վիճակից (չոր կամ խոնավ): Կլինկերի համաշխարհային արտադրության մեծ մասը հիմնվում է խոնավ եղանակի վրա: Սակայն Եվրոպայում կլինկերի ավելի քան 75 % -ը արտադրվում է չոր եղանակով, շնորհիվ չոր հումքային նյութերի առկայության: Խոնավ եղանակը ավելի էներգատար է, այդ իսկ պատճառով ավելի ծախսատար է: Շատ գործարաններ, որոնք կիրառում են կիսաչոր եղանակը, էական վերակառուցման և ընդլայնման անհրաժեշտության պարագայում սովորաբար անցնում են չոր եղանակի: Խոնավ կամ կիսախոնավ եղանակով աշխատող գործարանները սովորաբար իրենց տրամադրության տակ ունեն միայն խոնավ հումքային նյութեր:

Արտադրության բոլոր եղանակները իրենց մեջ ներառում են հետևյալ ընդհանուր պրոցեսները՝

- հումքային նյութեր՝ պահպանում և նախապատրաստում,
- վառելանյութեր՝ պահպանում և նախապատրաստում,
- թափոնների օգտագործում, որպես հումքային նյութ և (կամ) վառելանյութ,
- վառարանային համակարգ, վառելանյութի այրման համակարգ և վնասակար արտանետումների նվազեցման սարքավորումներ,
- արտադրանք՝ պահպանում և նախապատրաստում /աղում/,
- արտադրանք՝ փաթեթավորում և փոխադրում:

### **2.3. Հումքային նյութեր՝ պահպանում և նախապատրաստում**

Հումքային նյութերի նախապատրաստումը, ինչպես քիմիական բաղադրությամբ, այնպես էլ կառուցվածքային առանձնահատկություններով, արտադրական գործընթացի շատ կարևոր փուլ է հանդիսանում:

Գործընթացը ներառում է հետևյալ քայլերը՝

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- Հումքային նյութերի պահեստավորում,
- Հումքային նյութերի մանրացում,
- Վառելանյութի պահեստավորում և նախապատրաստում:

## **2.4 Կլիմայի թրծում**

Կլիմայի թրծման ժամանակ հումքային խառնուրդը (կամ հումքային շլամը՝ թաց եղանակով արտադրման ժամանակ) սնուցվում է պտտվող վառարան, որտեղ այն չորացվում, տաքացվում, կալցինացվում և թրծվում է դառնալով ցեմենտային կլիմայեր:

Կլիմայի թրծման պրոցեսի ընթացքում պահանջվում է բարձր ջերմաստիճան՝ հումքային խառնուրդը ցեմենտային կլիմայի վերածման համար: Ըստ էության ամենագլխավորը դա եռակալման գոտում նյութի 1400-1500°C և բոցի մոտ 2000°C ջերմաստիճանի ապահովումն է: Ինչպես նաև անհրաժեշտ է թրծել կլիմայերը օքսիդային միջավայրում: Այդ իսկ պատճառով վառարանի թրծման հատվածում անհրաժեշտ է օդի ավելցուկ:

Սպիտակ ցեմենտի արտադրման համար եռակալման գոտում անհրաժեշտ է 1600 °C, կախված հումքային խառնուրդի և վերջնական արտադրանքի նախատեսվող կազմից:

Հումքային նյութերում արտադրանքի գույնը փոխող հալվող տարրերի բացակայության դեպքում, բոցի ջերմաստիճանը պետք է լինի 2000 °C-ից բարձր: Վառարանում պետք է պահպանվեն պայմաններ, որոնք կխոչնդոտեն կլիմայի գույնի վրա ազդող որոշ տարրերի օքսիդացմանը: Բացի այդ, անպայման ընտրվում է անմոխրային վառելիք և տալկմագնեզիտային կամ շպինելմագնեզիտային երեսպատում, կլիմայի աղտոտումից խուսափելու համար:

Այն բանից հետո, ինչ 1895 թվականին հայտնագործվեց պտտվող վառարանը, այն հանդիսանում է կլիմայի արտադրման ժամանակակից սարքավորումների հիմնական մաս (ազրեգատ, հանգույց): Ուղղահայաց հանքահորային վառարանները դեռ օգտագործվում են կրաքարի արտադրման համար, բայց կլիմայի արտադրման համար դրանք օգտագործվում են միայն որոշ երկրներում և փոքր գործարաններում:

### **2.4.1 Վառարանի բոցամուղեր**

Վառելանյութը, որը վառարան է սնուցվում գլխավոր բոցամուղով, առաջացնում է մոտավորապես 2000 °C ջերմաստիճանով բոց: Պրոցեսի օպտիմիզացման համար բոցը պետք է կառավարելի լինի: Անուղղակի գործողության ժամանակակից այրիչներում բոցը ձևավորվում և կառավարվում է առաջնային օդով (այրման համար սնուցվող վառելանյութի ընդհանուր քանակի 10- 15%):

Վառարանային համակարգ սնուցվող վառելանյութի հնարավոր կետերը հետևյալն են՝

- գլխավոր այրիչի միջոցով պտտվող վառարանի տաք ստորին հատված,
- պտտվող վառարանի մուտքի մասի անցումային խցիկի սնուցիչի միջոցով (պինդ վառելիքի համար),
- երկրորդային այրիչների միջով դեպի կանգնակ,
- դեկարբոնիզատորի այրիչի միջով դեպի դեկարբոնիզատոր;
- թաց կամ չոր երկար վառարանի դեպքում (պինդ վառելիքի համար) վառարանի միջին հատվածի արգելակի միջոցով:

*Հավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

Բնական գազի համար բոցամուղերը նախագծվում են բազմալիքային սկզբունքի հիման վրա: Այս բոցամուղերում գազը փոխարինում է ոչ միայն ածխին, մագուրին և թափոններին, այլ նաև առաջնային օդին:

#### **2.4.2. Երկար պտտվող վառարաններ**

Երկար պտտվող վառարանները կարող են սնվել շլամով (ապարախյուս), մանրեցված սորախցով՝ նրա գտումից հետո, գրանուլաներով կամ չոր խառնուրդով և այսպիսով հարմարեցված են արտադրության բոլոր եղանակներին: Վառարանի առավելագույն երկարության հարաբերությունը տրամագծին 38:1-ին է և կարող է լինել 200մ-ից ավելի: Արտադրության չոր եղանակի համար երկար պտտվող վառարանները նախագծված են այնպես, որ նրանք արդեն իրենց մեջ ընդգրկում են չորացման, տաքացման, դեկարբոնիզացման և թրծման պրոցեսների իրագործման գոտիներ. Դրանց անհրաժեշտ է ավելացնել միայն սնուցման և հովացման համակարգերը: Երկար վառարանի մի մասը համալրվում է շոթաներով և այլ սարքավորումներով՝ ջերմափոխանակությունը բարելավելու նպատակով:

#### **2.4.3 Տաքացուցիչներով պտտվող վառարաններ**

Տաքացուցիչներով պտտվող վառարանների երկարության հարաբերությունը տրամագծին ընկած է 10:1 - 17:1-ի տիրույթում: Գոյություն ունեն տաքացուցիչների երկու տիպ՝ փոխակրիչային կալցինատոր և կախությային վիճակում նյութի տաքացումով ջերմափոխանակիչ: Այս տիպի վառարանների շահագործման ժամանակ երբեմն կարող են առաջանալ խնդիրներ, կապված հումքային խառնուրդում կամ վառելանյութում՝ քլորիդների, սուլֆատների և ալկալների բարձր պարունակության և շրջանառության հետ:

#### **2.4.4 Սուսպենզային ջերմափոխանակիչ**

1930-ական թվականների սկզբին Սուսպենզային ջերմափոխանակչի հայտնագործումը նշանակալի ձեռքբերում էր: Չոր հումքային նյութի տաքացումը և նույնիսկ մասնակի կալցինացումը (չոր/կիսաչոր եղանակներ) տեղի է ունենում պտտվող վառարանից կախությի վիճակում գազերի միջոցով: Գազերի հետ հումքային ալրի մասնիկների շփման մեծ մակերեսն ապահովում է գրեթե լրիվ ջերմափոխանակում:

#### **2.4.5 Քառաստիճան ցիկլոնային ջերմափոխանակիչ**

Վերին ցիկլոնի ելքում 300-400°C ջերմաստիճանով արտամղվող գազերն օգտագործվում են նյութի չորացման համար: Վառարան մատուցվող հումքային խառնուրդի դեկարբոնիզացիայի աստիճանը հասնում է մինչև 30 %, քանի որ նրա ջերմաստիճանը կազմում է 850°C—ից բարձր շնորհիվ ծխագազերով տաքացման:

Հումքային խառնուրդում դյուրահալ միացությունների (քլորիդների, սուլֆատների և ալկալիների) բարձր պարունակության դեպքում, ցիկլոնային ջերմափոխանակչի ստորին աստիճանում կարող են առաջանալ որոշակի խնդիրներ: Այս միացությունների պարբերաբար կուտակումների հետևանքով ստորին ցիկլոնի պատերին առաջանում են հավվածքի թաղանթներ, որի հետևանքով հումքային խառնուրդի մասնիկները կպչում են դրանց և հանգեցնում գազատար ուղիների և ցիկլոնի ընդհանուր խցանմանը , և ի վերջո վառարանային ագրեգատի կազնեցմանը: Այդ երևույթի կանխարգելման համար

օգտագործում են վառարանային գազերի որոշ մասերի բայպասը: Բայպաս ուղղվող գազերի կտրուկ սառեցման դեպքում (վառարանային գազերի ընդհանուր ծավալի 3-15%) առաջանում է դյուրահալ միացությունների գոլորշիների կոնդենսացիա և դրանց նստեցումը հումքային խառնուրդի փոշենման հատիկների վրա: Այդ հատիկները առանձնանում են ցիկլոններում: Բայպասային համակարգի փոշում դյուրահալ միացությունների բարձր պարունակության դեպքում, այն ենթակա է դուրս բերման. մնացած բոլոր դեպքերում փոշին վերադարձվում է արտադրական պրոցես:

#### **2.4.6 Ցիկլոնային ջերմափոխանակիչով և դեկարբոնիզատորով պտտվող վառարան**

Այս տեխնոլոգիական պրոցեսներում ջերմությունն անցնում է երկու կետերով: Առաջնային վառելանյութը մատուցվում է վառարանի թրծման գոտի: Լրացուցիչ իրականացվում է վառելանյութի այրում հատուկ խցում՝ դեկարբոնիզատորում, որը տեղադրված է պտտվող վառարանի և ջերմափոխանակչի միջև: Այս խցում այրվում է լրիվ վառելանյութի մինչև 65%-ը: Ցիկլոնային ջերմափոխանակչի ստորին հատվածում և երրորդային օդախառնուրդում, վառարանային արտամղվող գազերի օգտագործումը հանգեցնում է նյութի տաք վիճակում երկարատև գտնվելուն: Էներգիան հիմնականում օգտագործվում է հումքային ալրի թրծման նպատակով, որը մինչև վառարան մատուցվելը ենթարկվում է գրեթե լրիվ դեկարբոնիզացման: Դեկարբոնիզացման աստիճանը հասնում է գրեթե մինչև 90%: Դեկարբոնիզատորում վառելանյութի այրման համար տաք օդը մատուցվում է սառնարանից: Նյութը դեկարբոնիզատորից դուրս է գալիս 870°C ջերմությամբ:

#### **2.4.7 Վառարանային գազերի բայպասի համակարգ**

Հումքային նյութերում, ինչպես նաև վառելանյութում պարունակվող քլորիդները, սուլֆատները և ալկալները վառարան մտնելիս, ներսում շրջանառվում են վառարանի և ջերմափոխանակչի միջև, միննուն ժամանակ նյութում իրենց պարունակությունը հետզհետե՝ ցիկլից ցիկլ, ավելանում է: Բարձր կոնցենտրացիայի դեպքում դրանք հանգեցնում են վառարանի մուտքային անցքի մակերեսի վրա նստվածքների առաջացման:

Կլիների արտադրման էներգետիկ արդյունավետության համար հիմք է հանդիսանում վառարանի ստաբիլ աշխատանքը՝ ռեժիմի նվազագույն խախտումներով, այդ պատճառով անհրաժեշտ է կանխարգելել այդ կեղևի առաջացումը: Ալկալիների, քլորիդների ինչ որ չափով սուլֆատների հաճախակի շրջանառությունը և դրանց հետզհետե կուտակումը ստիպում են վառարանի ելքում օգտագործել վառարանային գազերի բայպասի համակարգը: Գազերի հեռացվող մասը նվազեցնում է ինչպես ալկալների, քլորիդների, սուլֆատների, այնպես էլ այլ նյութերի քանակությունը: Տաք նյութի և տաք գազերի որոշակի մասի հեռացումը բնականաբար բերում է էներգիայի ծախսի ավելացման՝ 6-12 ՄՋ/ տ կլիներ 1% հեռացված վառարանային գազի համար: Բայպասի տիպիկ մակարդակը կազմում է 15 %՝ քլորիդների բարձր պարունակության դեպքում և 70%՝ ծծմբի բարձր պարունակության դեպքում: Ծծմբի օքսիդների հեռացմամբ ծխագազերի մաքրումը բայպասի համակարգի միջոցով կարող է լրացվել հետևյալ ճանապարհներով՝

- ալտիվ կրաքարի օգտագործում,
- բարձր ջերմաստիճանի դեպքում գազերի ուշացում(300°C-ից ավել),

*Հավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- ջրի առկայության դեպքում (կամ դրա գոլորշիների) ցածր ջերմաստիճանի դեպքում գազերի ուշացում (<200°C-ից ավել):

#### **2.4.8 Վառարանային արտանետվող գազեր**

Բոլոր վառարանային համակարգերում գազերը վերջին հաշվով անցնում են սարքավորմամբ, որը վերահսկում է փոշու կոնցենտրացիան՝ (էլեկտրագոտիչ կամ թևքային գոտիչ) փոշու նստեցման համար՝ մինչև ծխատար խողովակով դուրս գալը:

Արտադրության չոր եղանակի դեպքում արտանետվող գազերը կարող են համեմատաբար ավելի բարձր ջերմաստիճան ունենալ և օգտագործվել հումքային նյութերի չորացման համար (ջերմության համալիր օգտագործում): Եթե արտանետվող գազերը չեն օգտագործվում չորացման նպատակով (բաց պրոցես), ապա նախքան փոշեկլանիչ հասնելը դրանք հովացվում են օդափոխանակման աշտարակ ջրի ներարկմամբ, իրենց ծավալի նվազեցման և փոշու նստեցման պրոցեսի բարելավման նպատակով:

#### **2.5 Կլինկերային սառնարաններ**

Կլինկերային սառնարանը վառարանային համակարգի անբաժանելի մաս է հանդիսանում և ունի նշանակալի ազդեցություն շահագործվող գործարանի աշխատանքի և տնտեսության վրա: Սառնարանն ունի երկու խնդիր՝ վերաօգտագործել տաք կլինկերի (1450°C ) ջերմությունը այն վերադարձնելով տեխնոլոգիական պրոցես և նվազեցնել կլինկերի ջերմաստիճանը մինչև հաջորդ սարքավորման համար ընդունելի մակարդակ:

Կլինկերի ջերմությունն օգտագործվում է օդի տաքացման համար, որն օգտագործվում է առաջնային և երկրորդային համակարգերում վառելիքի այրման համար: Նման վերաօգտագործման աստիճանը մաքսիմալ մոտ է ջերմադինամիկ սահմանին: Սակայն լրիվ վերականգնմանը խանգարում է կլինկերի բարձր ջերմաստիճանը և հղկունությունը, ինչպես նաև նրա լայն հատիկավոր կազմը: Արագ հովացումը ֆիքսում է կլինկերի այնպիսի հանքային կազմ, որը բարձրացնում է իր մանրացման հատկությունը և ակտիվացնում է ցեմենտի ջրակլանման հատկությունը: Սառնարանի շահագործման ժամանակ ի հայտ եկող տիպիկ խնդիրները հետևյալն են՝ ջերմային ընդարձակումը, մաշվածությունը, օդի սխալ սնուցումը, ցածր արտադրողականությունը, որոնք չեն նպաստում վերը նշված պահանջների իրականացմանը: Հիմնականում գոյություն ունեն երկու տիպի սառնարաններ՝ պտտվող և կրակակալ:

Սպիտակ ցեմենտի արտադրության համար օգտագործվում են այլ տիպի սառնարաններ, որոնք պատրաստվում են գործարանի արտադրանքին համապատասխան, որպեսզի կլինկերի հովացման ժամանակ ապահովեն վերականգնողական պայմաններ: Կլինկերի որակի բարձրացման համար սպիտակեցման առաջնային փուլում օգտագործվում է ոչ թթվածնային միջավայր և ջրի շիթի արագ սառեցում: Սպիտակ կլինկերի արագ հովացումը ջրում, բերում է նրա սպիտակեցման զգալի բարձրացման: Սպիտակեցման առաջնային փուլում օգտագործվող գազային խառնուրդը պարունակում է 0.2%-ից ցածր թթվածին և 5% – ից ավել CO: Բացի այդ, կարճ ժամանակահատվածում նախնական հովացման համար օգտագործվում է կոնվերտերային գազ, որին հաջորդում է ջրի հովացումը: HCL, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> և այլ թթուների չնչին պարունակությամբ ջրում սպիտակ կլինկերի արագ հովացումը, ապահովում

*Հավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

Է սպիտակեցման զգալի բարձրացում: Հովացման ժամանակ պետք է խուսափել սպիտակ կլինկերի քրոմոֆորային տարրերով և ուժեղ օքսիդիչներով աղտոտումից:

### **2.5.1 Պատվող սառնարաններ**

Սառնարանն աշխատում է պտտվող վառարանի սկզբունքով, սակայն ոչ թե նյութին ջերմություն տալով, այլ նրանից վերցնելով: Վառարանի տակ տեղադրվում է լրացուցիչ պտտվող թմբուկ իր սեփական հաղորդակով, միացված վառարանի վերջնամասին: Վառարանից բեռնաթափվելուց հետո կլինկերը, պատյանի միջով անցնում է թմբուկ, որում տեղադրված են բարձրացվող դարակներ, որոնց միջոցով կատարվում է մթերքի թափումը անցնող օդի միջով: Սառեցնող օդի քանակությունը պայմանավորված է վառելանյութի այրման համար անհրաժեշտ օդի քանակով: Արագությունից բացի, սառնարանի աշխատանքի վրա կարող է ազդել, միայն նրա ներքին կառուցվածքը: Ամբարձչի թափող դարակների կառուցվածքի օպտիմիզացիան կարող է զգալի փոփոխել ջերմափոխանակման ինտենսիվությունը, կլինկերային փոշու վառարանի վերադարձի հաշվին:

### **2.5.2 Կրակակալ սառնարաններ**

Կրակակալ սառնարաններում հովացումը տեղի է ունենում կրակակալ ցանցի վրա գտնվող կլինկերի շերտի միջով ներքևից դեպի վեր օդի հոսքով: Սովորաբար կիրառվում են կլինկերի տեղափոխման երկու եղանակներ՝ շարժական ցանցերով և կրակակալների առաջ ետ ընթացող շարժումով: Եթե կլինկերը հովացնող օդը լրիվ չի օգտագործվել վառելանյութի այրման համար, այն կարելի է օգտագործել հումքային նյութերի, ցեմենտի և ածխի հավելումներում: Եթե օդը հնարավոր չէ օգտագործել չորացման համար, ապա այն պետք է մանրագնդին փոշեզրկել:

### **2.5.3 Ուղղահայաց սառնարաններ**

Փոշի չարտանետող լրացուցիչ սառնարանը, որը կոչվում է գրավիտացիոն կամ G-սառնարան, մշակվել է պլանետար սառնարանից կամ կարճ կրակակալ սառնարանից հետո տեղադրելու համար: Կլինկերի հովացումը իրականացվում է պողպատե խողովակների միջով անցնելու շնորհիվ, որոնց միջով մղվում է սառեցնող օդը:

## **2.6 Կլինկերի մանրացում (աղում) և պահեստավորում**

### **2.6.1 Կլինկերի պահեստավորում**

Ցեմենտի արտադրման համար օգտագործվող կլինկերը և այլ բաղադրիչները պահվում են սիլոսներում կամ փակ պահեստներում: Մեծ պաշարները կարող են պահեստավորվել բաց տարածքներում. սովյալ դեպքում անհրաժեշտ է ձեռնարկել փոշու առաջացման դեմ միջոցառումներ:

Կլինկերի սովորական պահեստների մեծ մասն իրենցից ներկայացնում են՝

- գրավիտացիոն բեռնաթափմամբ ուղիղ դարսակային պահեստներ (նյութի սահմանափակ պահպանելիություն)
- գրավիտացիոն բեռնաթափմամբ օղակաձև դարակավոր պահեստներ (նյութի սահմանափակ պահպանելիություն)

*Հավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- կլինկերային սիլոսներ (սիլոսից կլինկերի բեռնաթափման ժամանակ մինչև որոշակի մակարդակը կարող են առաջանալ որոշակի խնդիրներ նյութի կախման և նյութի լավ պահպանելիության հետ, )
- գմբեթանման կլինկերային պահեստ (նյութի սահմանափակ պահպանելիություն):

## **2.6.2 Ցեմենտի աղում**

Պորտլանդցեմենտը ստացվում է պորտլանդցեմենտային կլինկերի և սուլֆատ պարունակող նյութերի՝ գիպսի կամ անհիդրիդի համատեղ աղացման ճանապարհով: Կոմպոզիտային ցեմենտներում կարող են առկա լինել նաև այլ բաղադրիչներ՝ հատիկավորված դոմնային խարամ, մոխիր, կրաքար կամ իներտ լցոնիչ: Այս վերջինները կարող են մանրեցվել կլինկերի և գիպսի հետ համատեղ կամ չորացվեն և մանրեցվեն առանձին: Մանրեցման գործարանները կարող են տեղակայված լինել կլինկեր արտադրող գործարաններից առանձին:

Ցեմենտի մանրեցման միջոցը կամ մանրեցման սարքավորման դիզայնը կախված է արտադրվող ցեմենտի տեսակից: Մինչ այդ անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել ցեմենտի այնպիսի բնութագրիչների վրա , ինչպիսիք են ` նրա մանրացվելու հատկությունը, խոնավությունը և բաղադրիչների հղկունությունը:

Աղացների մեծ մասն աշխատում է փակ ցիկլում, որի ժամանակ ցեմենտը տրված աղացման մանրեցումով, առանձնանում է մանրեցված նյութից, իսկ մնացորդը նորից ուղարկվում է մանրեցման:

Սպիտակ ցեմենտի արտադրության ժամանակ վերջնական մանրեցումը հիմնական գործընթացներից մեկն է , որի համար պետք է օգտագործվի բարձրորակ գիպս: Աղացման մանրության բարձրացման և դրա ժամանակի կրճատման համար կիրառվում են այսպես կոչված մանրեցման ինտենսիֆիկատորներ՝ ցեմենտի զանգվածի 1%-ի չափով, ինչը բերում է ցեմենտի սպիտակության աստիճանի 5-7%-ի չափով ավելացման: Բացի դրանից, սպիտակ ցեմենտի կազմի մեջ համեմատաբար քիչ քանակությամբ կարող են ավելացվել մանր աղացված հավելումներ՝ լցոնիչ, ինչպիսիք են սպիտակ մարմարը, սիլիկատները, մաքուր սիլիկագելը, սյուդան և տալկը, կաուչինը կամ մետակաուչինը, ինչպես նաև չնչին քանակությամբ TiO<sub>2</sub> պարունակող փոշիները:

### **2.6.2.1 Պորտլանդցեմենտի բաղադրիչների չափաբաժանում**

Մանրեցման համակարգի բարձր արդյունավետության համար անհրաժեշտ պայման է հանդիսանում պորտլանդցեմենտի բաղադրիչների ճշգրիտ և մշտական դոզավորումը: Այդ նպատակով առավել հաճախ օգտագործվում են կշռող ժապավենային սնուցիչներ, դոզատորներ:

### **2.6.2.2 Ցեմենտի աղում**

Ցեմենտի շուկային անհրաժեշտ ցեմենտի տեսակների բազմազանության շնորհիվ, ժամանակակից մանրեցման համակարգերը համալրված են հիմնականում դինամիկ օդային սեպարատորներով:

Ցեմենտի մանր աղացման համար սովորաբար օգտագործվում են հետևյալ մանրեցման համակարգերը՝

- ❖ փակ ցիկլի գնդիկավոր թմբուկային աղացներ ( մինչ այդ հանքային հավելումների պարունակությունը ցեմենտում կարող է սահմանափակ լինել, եթե չի իրականացվում դրանց չորացումը աղացում կամ նախքան դրան սնուցումը աղաց),
- ❖ ուղղահայաց գլանակային աղացներ(առավել արդյունավետ են ավելացվող հավելումների մեծ քանակության դեպքում, շնորհիվ դրանց չորացման բարձր արտադրողականության, ինպես նաև հանքային հավելումների առանձին աղացման համար),
- ❖ մամլիչ-գրտնակներ (այդ դեպքում հանքային հավելումների ավելացումը սահմանափակվում է, եթե չի կատարվում դրանց նախնական չորացում ):

#### ***Կիրառվող այլ մանրեցման համակարգեր***

- ❖ բաց ցիկլի խողովակային աղաց,
- ❖ օդանցումային, կենտրոնախույս սեպարատորով կամ հին սերնդի դուրս բերող ցիկլոնների սեպարատորներով փակ ցիկլի խողովակային աղացներ
- ❖ հորիզոնական հոլովակային աղացներ

*Գնդիկային (խողովակային) աղացների* իրանի տրամագիծը մինչև 6 մ է, իսկ երկարությունը մինչև 20մ ներառյալ: Կախված մանրեցման աստիճանից , որպես աղացող մարմիններ օգտագործվում են տարբեր չափերի պողպատե գնդիկներ: Այս տիպի աղացը հեշտությամբ շահագործվում է ստաբիլ պայմաններում և ունի բարձր հուսալիություն և պիտանելիություն: Բարձր խոնավության դեպքում հանքային հավելումների ավելացումը սահմանափակ է , այդ պատճառով դրանք պետք է ենթարկվեն չորացման՝ աղացով անցնող տաք գազերով կամ մանրեցման պրոցեսում գոյացող տաքությամբ: Սակայն այլ տիպի աղացների հետ համեմատ, գնդիկավոր աղացները օգտագործում են մեծ քանակությամբ էներգիա և էներգետիկ արդյունավետությամբ հայտնի աղացների շարքում վերջին տեղն են գրավում:

*Ուղղահայաց հոլովակային աղացների* աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է երկուսից չորս մանրացնող հոլովակների շարժման վրա, որոնք ամրացված են հողակապավոր կալունակներ և գլորվում են հորիզոնական մանրացնող սալիկով կամ մանրացման զավաթով: Այդ աղացները հատկապես արյունավետ են ցեմենտի նյութի և խարամի միառժամանակ մանրեցման և չորացման համար, այդ իսկ պատճառով ուղղահայաց հոլովակային աղացները օգտագործվում են հարաբերականորեն բարձր խոնավությամբ նյութերի մանրեցման համար: Աղացի միջով նյութի անցման ժամանակ բավական կարճատև է ցեմենտային կլինկերի հիդրատացիայի կանխարգելման համար, օրինակ խարամային ցեմենտի մանրեցման դեպքում:

Բարձր ճնշման կրկնակի մամլիչ գրտնակներն ունեն համեմատաբար մեծ շահագործման ծախսեր: Բարձր ճնշման կրկնակի մամլիչ գրտնակները հաճախ օգտագործվում են գնդիկավոր աղացների հետ համատեղ:

Վերջերս ցեմենտի մանրեցման համար մշակվել է հորիզոնական հոլովակային աղաց: Այն կազմված է կարճ հորիզոնական իրանից , որը հենվում է հիդրոդինամիկ կամ հիդրոստատիկ

*Հավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

առանցքակալների վրա: Իրանի ներսում կա հորիզոնական հոլովակ, որը ազատ պտտվում է, հիդրավլիկ զլաններով ուժեղ սեղմվելով իրանի ներքին մակերեսին: Նյութը մանրեցվում է, կարճ ժամանակահատվածում անցնելով իրանի և հոլովակի միջև: Մանրացված նյութը դուրս է գալիս աղացից և ուղղվում է սեպարատոր, որն անջատում է խոշոր ֆրակցիան և վերադարձնում է այն աղաց:

### 2.6.2.3 Հանքային հավելումների մանրացում

Հանքային հավելումները սովորաբար մանրեցվում են կլինկերի և գիպսի հետ համատեղ: Դրանց առանձին մանրեցման որոշման ընդունումը հիմնականում կախված է լինում հետևյալ գործոններից՝

- ընդհանուր առմամբ ցեմենտի արտադրությունում և վերջնական արտադրանքում հանքային նյութերի տոկոսային պարունակությունից,
- աշխատանքային վիճակում լրացուցիչ աղացի առկայությունից,
- կլինկերի և հանքային հավելումների մանրեցման հատկությունների մեծ տարբերությունից,
- հանքային հավելումների խոնավությունից:

Եթե պահանջվում է հանքային նյութերի նախնական չորացում, այն կարող է իրականացվել կամ վառարանային արտանետվող գազերի և /կամ սառնարանից դուրս եկող գազերի օգտագործման միջոցով, կամ էլ տաք գազի անկախ աղբյուրների օգտագործման միջոցով:

### ***Համատեղ մանրեցման համակարգեր***

Արդեն նշված հումքային նյութերի չոր /կիսաչոր մանրեցման համակարգերից յուրաքանչյուրը կարող է օգտագործվել կլինկերի և գիպսի հետ հանքային նյութերի համատեղ մանրեցման համար: Սակայն սարքավորումների մեծ մասը ունեն սահմանափակում՝ կապված խառնուրդի խոնավության հետ, որը կազմում է 2- 4%, եթե նյութի չորացման համար չեն օգտագործվում տաք գազեր: Բարձր խոնավության դեպքում, պահանջվում է հանքային հավելումների նախնական չորացում: Բացառություն են կազմում ուղղահայաց հոլովակային աղացները, որոնք ունակ են վերամշակել 20 % խոնավությամբ նյութը, սակայն դրանք նույնպես պահանջում են տաք գազի սնուցում:

### ***Առանձին մանրեցման համակարգեր***

Հանքային հավելումների առանձին մանրեցման համար կարող են օգտագործվել մանրեցման համակարգեր հանքային խառնուրդների չոր /կիսաչոր մանրեցման համար: Սակայն հաշվի առնելով բաղադրիչների խոնավությունը, անհրաժեշտ է նաև օգտագործել նյութի նախնական չորացման համակարգեր:

### 2.6.2.4 Մասնիկների առանձնացումը սեպարացիայի միջոցով

Աղացից դուրս եկող մասնիկների առանձնացումն ըստ չափերի (սեպարացիա) զգալիորեն ազդում է ցեմենտի որակի վրա: Սեպարացիան ձեռք է բերվում հատուկ սարքավորումների՝ այսպես կոչված օդային սեպարատորների կիրառման շնորհիվ: Նոր

*Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

սերնդի օդային սեպարատորները, որոնք ունեն բազմաառարկ թևային վանդակով լիսեռի տեսք, ունեն մի շարք առավելություններ համեմատած նախկին կոնստրուկցիաների հետ՝

- մանրեցման համակարգի քիչ քանակությամբ էներգիայի սպառում,
- բարձր արդյունավետություն,
- արտադրանքի սառեցման հնարավորություն,
- բարձր ճկունություն արտադրանքի մանրեցման գործընթացում,
- ըստ չափերի մասնիկների լավագույն կտրավարում և արտադրանքի լավագույն համասեռացում:

**2.6.3 Ցեմենտի պահեստավորում**

Պննմատիվ փոխակրիչի կամ շնեկի շերտիային ամբարձչի հետ միավորումը, առավել կիրառելի տրանսպորտային համակարգ է հանդիսանում:

Տարբեր ցեմենտները պահեստավորվում են տարբեր սիլոսներում: Սովորաբար տարբեր սիլոսները նախատեսված են ցեմենտի որոշակի դասի պահպանման համար: Սակայն սիլոսների նոր նախագծերը թույլ են տալիս միևնույն սիլոսում պահպանել մեկից ավելի տեսակների ցեմենտներ:

Ցեմենտի պահպանման համար օգտագործվող սիլոսների կոնֆիգուրացիաները կարող են լինել հետևյալը՝

- բեռնաթափող խոպալերով միաբջիջ սիլոս,
- կենտրոնական կոնոլ միաբջիջ սիլոս,
- բազմաբջիջ սիլոսներ,
- կենտրոնական կոնոլ զմբեթաձև սիլոս:

Միլոսից ցեմենտի բեռնաթափման պրոցեսի նախաձեռնման և պահպանման համար օգտագործվում է սեղմված օդ, որը սնուցվում է սիլոսի հատակին գտնվող ասպիրացիոն տուփեր:

**3. ՀՈՒՄՔԻ ԵՎ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐ**

**3.1. Հումքի օգտագործումը**

Ցեմենտի արտադրությունը նյութատար գործընթաց է: Աղյուսակ 3.1-ում բերված են ԵՄ երկրներում ցեմենտի արտադրություններում հումքի օգտագործման միջին ցուցանիշները: Աղյուսակի վերջին սյունյակի թվերը 3000տ/օրական կլինկերով կամ 1մլն/տ տարի հզորությամբ գործարանի ցուցանիշներ են հանդիսանում, ինչը համապատասխանում է ցեմենտում կլինկերի պարունակության դեպքում տարեկան 1.23 մլն/տոննային, ինչը բնորոշ է ԵՄ երկրներին:

Աղյուսակ 1.

Հումքի տեսակարար օգտագործում (չոր վիճակում)	Կլինկերի 1 տ հաշվարկով	Ցեմենտի 1տ հաշվարկով	1 մլն.տ/տարի կլինկերի հաշվարկով
Կրաքար, կավ, մերգել և այլն	1.57 տ	1.27 տ	1568000 տ
Գիպս, անհիդրիդ	-	0.05 տ	61000 տ
Հանքային լրացումներ	-	0.14 տ	172000 տ

### **3.2. Էներգասպառում**

Գեմենտի արտադրությունը էներգատար է: Էներգասպառման աստիճանը կախված է արտադրության եղանակից: Օգտագործվում է ջերմային և էլեկտրական էներգիա:

#### **3.2.1 Ջերմային էներգիայի սպառում**

Կլինկերի արտադրության համար անհրաժեշտ էներգիայի քանակը պայմանավորված է կլինկերի թրծման համար անհրաժեշտ (1700 – 1800 ՄՋ/տ կլինկեր) և հումքի չորացման ու տաքացման համար պահանջվող էներգիայով:

Ցիկլոնային ջերմափոխանակիչներով ժամանակակից վառարաններում ցիկլոնների քանակը որոշվում է ելնելով հումքատեսակների քիմիական կազմից:

Փորձը ցույց է տալիս, որ չոր եղանակով բազմաստիճան ցիկլոնային ջերմափոխանակիչներով և դեկարբոնիզատորով աշխատող ցեմենտի արտադրություններում պահանջվող էներգիայի տեսակարար ցուցանիշը տատանվում է 3000 մինչև 3800 ՄՋ/տ կլինկեր: Տարբերությունը կախված է գործարկման և կանգնեցման հաճախականությունից և հումքատեսակների բնութագրերից:

#### **3.2.2 Էլեկտրաէներգիայի սպառում**

Էլեկտաէներգիայի հիմնական սպառումը կատարվում է աղացներում (ցեմենտի և հումքի աղում), օդափոխանակիչներում և օդամղիչներում (վառարաններ, աղացներ), որոնք սպառում են ընդհանուր էլեկտրաէներգապահանջի ավելի քան 80 %: Միջին հաշվով էներգիայի արժեքը (վառելիքի կամ էլ.էներգիայի տեսքով) կազմում է 1 տ ցեմենտի արտադրության ընդհանուր արժեքի 40 %: Էլեկտաէներգիան կազմում է ընդհանուր էներգապահանջի 20 %: 1 տ ցեմենտի արտադրության համար էլեկտաէներգիայի ծախսը կազմում է 90-ից մինչև 150 ԿՎտ.ժ: Խոնավ եղանակը ավելի էներգոտար է քան կիսախոնավ կամ չոր եղանակները: Էներգասպառումը պայմանավորված է մանրեցվող նյութի բնույթով և նրա մանրեցման պրոցեսի առանձնահատկություններով:

## **4. ՄԹՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐ**

### **4.1. Ծխագազերի ծավալի և կոնցենտրացիաների հաշվարկման ժամանակ օգտագործվող հասկացությունները**

Եթե սույն փաստաթղթում ցեմենտի արտադրության համար այլ բան չի հիշատակվում, ապա ծխագազերի ծավալների և կոնցենտրացիաների չափման համար ստանդարտ պայմաններ են հանդիսանում հետևյալները՝

- ծավալային ծախս՝ մ<sup>3</sup>/ժ, ծավալային ծախսը չափվում է գազում թթվածնի 10 ծավալային % պարունակության դեպքում և ստանդարտ պայմաններում,
- կոնցենտրացիա՝ մգ/մ<sup>3</sup>, գազային նյութերի կամ իրենց խառնուրդների կոնցենտրացիաները վերաբերվում են նորմալ պայմաններում 10 ծավալային % թթվածնի պարունակության չոր գազային հոսքին,
- ստանդարտ վիճակ՝ համապատասխանում է 273 Կ ջերմաստիճանով և 1013 Պա ճնշմամբ չոր գազին:

Պետք է նշել, որ արտանետումների մակարդակը վերաբերվում է՝

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

թթվածնի 10 ծավալային % պարունակությամբ էտալոնային գազին, չնայած որ արտանդվող գազերում թթվածնի իրական քանակը 10 %-ից ավելի քիչ է, մասնավորապես՝ 3 %: Գազային խառնուրդում թթվածնի տվյալ պարունակության դեպքում արտանետումների կոնցենտրացիաների որոշման համար վերահաշվարկման բանաձևը հետևյալն է՝

$$E_R = (21 - O_R) / (21 - O_M) \times E_M, \text{ որտեղ}$$

$E_R$ -ն՝ արտանետումների կոնցենտրացիան է, որը վերաբերվում է 10 ծավ. % թթվածնի մակարդակին, մգ/մ<sup>3</sup>

$O_R$ -ն՝ խառնուրդում թթվածնի մակարդակն է, ծավ. %

$E_M$ -ն՝ արտանետումների կոնցենտրացիան է, որը վերաբերվում է թթվածնի չափված մակարդակին, մգ/մ<sup>3</sup>

## **4.2. Արտանետումներ**

Ստորև ներկայացված են ցեմենտի արտադրության ընթացքում առաջացող վնասակար նյութերի արտանետումները: Արտանետումները ներկայացված են բոլոր փուլերի համար, այդ թվում՝ հումքի և վառելիքի պահեստավորում ու նախապատրաստում, կլինկերի թրծում, ցեմենտի աղում, պահեստավորում և առաքում:

ԱՀԿՎ Դիրեկտիվը պարունակում է այն բոլոր աղտոտող նյութերի ցանկը, որոնց արտանետումները ենթակա են նորմավորման:

Ըստ Դիրեկտիվի, ցեմենտի արտադրություններին վերաբերվող նյութերի ցանկը հետևյալն է՝

- ազոտի օքսիդներ (NOx);
- ծծմբի երկօքսիդ (SO<sub>2</sub>) և այլ միացություններ;
- փոշի;
- գումարային օրգանական միացություններ, ներառյալ ցնդող միացություններ;
- պոլիքլորացված դիբենզոդիօքսիներ և դիբենզոֆուրաններ;
- մետաղներ և դրանց միացություններ;
- ֆտորաջրածին (HF);
- քլորաջրածին (HCl);
- ածխածնի մոնօքսիդ (CO):

### **4.2.1. Փոշի**

#### **ա. Կազմակերպված արտանետումներ**

Կազմակերպված աղբյուրների շարքին են առաջին հերթին դասվում վառարանները, հումքի չորացման և մանրացման սարքավորումները, ցեմենտի աղումը և փաթեթավորումը, եթե դրանք ընթանում են փակ շինությունների մեջ, որոնք կահավորված են օդաքարշ համակարգերով:

Ժամանակակից արտադրություններում այդ աղբյուրները կահավորվում են փոշեկլանիչ սարքավորումներով, որոնց շարքում առավել արդյունավետ են թևքային գոտիչները և էլեկտրագոտիչները: Ժամանակակից թևքային գոտիչների և էլեկտրագոտիչների կառուցվածքը և հուսալիությունը թույլ են տալիս ապահովել փոշեկլանման բարձր արդյունավետություն: Արտադրությունների 37 % փոշու արտանետումների մակարդակը այս միջոցով նվազեցվում է մինչև 10 մգ/մ<sup>3</sup> (միջին օրական): Էլեկտրագոտիչներով կահավորված պտտվող վառարանների արտանետումներում փոշու պարունակությունը կազմում է 10 – 30

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

մգ/մ<sup>3</sup>: Թևքային գոիչների օգտագործման դեպքում միջին օրական ցուցանիշը կազմում է 10 – 20 մգ/մ<sup>3</sup>:

#### **բ. Փոշու չկազմակերպված արտանետումներ**

Փոշու չկազմակերպված արտանետումները առաջանում են նյութերի տեղափոխման, պահեստավորման, վերամշակման, բացօդյա մանրացման և փաթեթավորման ընթացքում: Չկազմակերպված արտանետումները տեղի են ունենում մեծ մակերեսներից և կարող են էական քանակներ կազմել: Ավտոճանապարհները նույնպես հանդիսանում են փոշու արտանետումների աղբյուր:

#### **4.2.2 Ազոտի օքսիդներ**

Կլինկերի թրծման գործընթացը տեղի է ունենում բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում, որի արդյունքում առաջանում են ազոտի օքսիդներ:

Ազոտի օքսիդները առաջանում են երկու գործընթացների ժամանակ՝

ա. օդի ազոտի մի մասը օքսիդանում է այրման ընթացքում, առաջացնելով օքսիդներ,

բ. վառելիքում պարունակվող ազոտի միացությունները օքսիդանում են օդում պարունակվող թթվածնի ազդեցության տակ, առաջացնելով ազոտի օքսիդներ:

Եվրոպական երկրներում, գործող ցեմենտի արտադրություններում, վառարանների արտանետումներում ազոտի օքսիդների միջին պարունակությունը կազմում է մոտավորապես 785 մգ/մ<sup>3</sup> (NO<sub>2</sub> հաշվարկով), այդ թվում նվազագույնը՝ 145 մգ/մ<sup>3</sup> և առավելագույնը 2940 մգ/մ<sup>3</sup>- ով:

#### **4.2.3 Ծծմբի երկօքսիդի արտանետումները**

Ծծմբի երկօքսիդի (SO<sub>2</sub>) արտանետումները, ցեմենտի գործարաններում կախված են հումքում և վառելիքում ծծմբի միացությունների պարունակությունից, ինչպես նաև արտադրության եղանակից և առաջին հերթին որոշվում՝ վառելիքում և հումքային նյութերում ցնդող ծծմբի պարունակությամբ: Վառարաններից ծծումբն SO<sub>2</sub>-ի տեսքով արտանետվում է արտանետվող գազերում, CaSO<sub>4</sub>-ում, կլինկերի այլ բաղադրիչներում և փոշու: Մակայն ծծմբի մեծ մասը միանում է (խառնվում է) կլինկերին կամ դուրս է բերվում համակարգից:

Կախված հանքավայրից, հումքը կարող է պարունակել սուլֆատներ կամ սուլֆիդներ: Սուլֆատները կայուն միացություններ են, որոնք միայն մասամբ են քայքայվում բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում: Հետևաբար ծծումբը հիմնականում մնում է կլինկերի մեջ:

Սուլֆիդները սկսում են օքսիդանալ արդեն ջերմափոխանակիչներում, առաջացնելով ծծմբի երկօքսիդ:

Վառելիքի հետ վառարան մտնող ծծումբը, օքսիդացվում է մինչև SO<sub>2</sub>, և չի հանգեցնում արտանետումների զգալի ավելացման՝ շնորհիվ շիկացման գոտում, կայցինացման գոտում և տաքացման փուլում ուժեղ ալկալների առկայության: Ծծումբը կայցինացման գոտի է մտնում փոքր քանակությամբ SO<sub>2</sub>-ի հետ, որը ձևավորվում է թրծման գոտում սուլֆատների մասնակի տարրալուծման արդյունքում: Կայցինացման գոտում, SO<sub>2</sub>-ը ռեակցիայի մեջ է մտնում ալկալների և ալկալային սուլֆատների հետ, որոնք առկա են հումքային նյութերում: Մասամբ դեկարբոնացված հումքային խառնուրդի հետ շփման ժամանակ SO<sub>2</sub>-ի ավելցուկը առաջնահերթ ռեակցիայի մեջ է մտնում ձևավորելով CaSO<sub>3</sub>-ի իսկ հետո CaSO<sub>4</sub>-ի: Այդ սուլֆատները նորից մտնում են պտտվող վառարան: Վառարանում սկսվում է ծծմբի շրջանառությունը, որը գտնվում է հավասարակշռության մեջ կլինկերի հետ դուրս բերվող ծծմբի հետ:

Միևնույն ժամանակ պտտվող վառարանի դեկարբոնացման գոտին ստեղծում է բարենպաստ պայմաններ՝ ծխագազերից ծծմբի կլանման համար:

#### **4.2.4 Ածխածնի օքսիդներ**

##### ա. Ածխածնի երկօքսիդ

Հաշվարկված է որ, CO<sub>2</sub> արտանետումները կազմում են 900 – 1000 կգ/տ (կլինկեր)՝ ջերմային էներգիայի 3500 – 5000 ՄՋ/տ սպառման դեպքում: Շնորհիվ հանքային հավելումների հետ ցեմենտի մանրեցման ,1 տոննա ցեմենտի հաշվարկով, արտանետվող CO<sub>2</sub>-ի քանակն նվազում է: CO<sub>2</sub>-ի ընդհանուր քանակի 62% –ը դուրս է գալիս հումքային խառնուրդի կրաքարի դեկարբոնացման պրոցեսում , իսկ մնացած 38%-ը՝ վառելիքի այրման ժամանակ: Վառելիքի այրման ժամանակ CO<sub>2</sub>-ի առաջացումը ուղիղ համեմատական է կլինկերի թրծման համար օգտագործվող ջերմության տեսակարար ծախսին և վառելիքում պարունակվող ածխածնի մասնաբաժնին: Վերջին 25 տարիների ընթացքում, վառելիքի այրման ժամանակ CO<sub>2</sub>-ի առաջացումն իջել է մոտավորապես 30%-ով, ինչը կապված է վառարանում այրման պրոցեսի արդյունավետության բարելավման հետ: ՀՀ չունի ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների կրճատման քանակական պարտավորություններ:

##### բ. Ածխածնի մոնօքսիդ

Ածխածնի մոնօքսիդի առաջացումը կարող է կապված լինել հումքատեսակներում օրգանական միացությունների պարունակության հետ: Ջերմափոխանակչում նյութի գոնվելու ժամանակահատվածում դրանք օքսիդացվում են՝ ձևավորելով CO և CO<sub>2</sub>:

Ածխածնի մոնօքսիդը կարող է առաջանալ նաև վառելիքի ոչ լիարժեք այրման, կամ դեկարբոնիզատորում այրման ոչ ճիշտ պայմանների ընտրության դեպքում: Սակայն CO արտանետումների նման ավելացումը սովորաբար համընկնում է NO<sub>x</sub> ազոտի օքսիդի արտանետումների նվազեցման հետ: Միևնույն ժամանակ այրման նման վերականգնողական պայմանները կարող են հիմք հանդիսանալ SO<sub>2</sub>-ի գոյացման և ավելացման համար:

Ի տարբերություն դրա, կլինկերի թրծման պրոցեսը նյութի փոխակերպման պրոցես է հանդիսանում, որը կարող է տեղի ունենալ օդի ավելցուկով, կլինկերի որակի բարելավման նպատակով: Բարձր ջերմության ներքո համատեղ երկարատև մնալու դեպքում, դա բերում է վառելիքի լրիվ այրման:

Տարբեր հումքային խառնուրդների ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ օրգանական միացությունների 85-95% –ը հումքային նյութում փոխակերպվում են CO<sub>2</sub>-ի՝ թթվածնի 3 %-ի առկայության դեպքում, բայց միևնույն ժամանակ 5-15%-ը վերածվում է CO-ի: Այդ պայմաններում օրգանական ածխածնային միացությունների կոնցենտրացիաները 1%-ից զգալի ցածր են լինում: CO կոնցենտրացիան կարող է 1000 մգ/մ<sup>3</sup> ից բարձր կարող է լինել , գերազանցելով 2000 մգ/մ<sup>3</sup>, կամ նույնիսկ, որոշ դեպքերում 5000 մգ/մ<sup>3</sup> ից բարձր: Վառելիքի սնուցման համակարգի լավ դիզայնն ապահովում է պինդ վառելիքով սնուցման կայուն մակարդակ՝ արտանետումների նվազագույն զագաթնակորով: Հակառակ դեպքում, այրման ոչ համաչափության (ոչ ստեխիոմետրիկության) ժամանակ կարող են գոյանալ 0.5%-ից ավել CO արտանետումների կարճ զագաթնակորեր: Դրա պատճառով կարող են առաջանալ լրացուցիչներ խնդիրներ կապված էլեկտրագոտիչների հետ, որոնք ստիպված են ավտոմատ անջատվել՝ պայթյունից խուսափելու համար:

#### **4.2.5 Ընդհանուր օրգանական միացություններ**

Ջերմային գործընթացներում ցնդող օրգանական միացությունները հիմնականում առաջանում են ոչ լրիվ այրման արդյունքում: Ցեմենտի արտադրության վառարաններում կայուն ռեժիմային աշխատանքի պայմաններում կարելի է էականորեն նվազեցնել օրգանական միացությունների արտանետումները, շնորհիվ վառարանի կատարելագործված կառուցվածքի, վառարանում գազերի հոսքի ժամանակահատվածի կարգավորման, բարձր

ջերմաստիճանի և թթվածնի ավելցուկի: Այդ պայմաններում օրգանական միացությունները քայքայվում են բարձր արդյունավետությամբ (>99,9999%): Մինևույն ժամանակ չնախատեսված կանգնեցման և սարքավորումների շահագործման պայմանների խախտման դեպքերում արտանետումները կարող են ավելանալ:

Ցնդող օրգանական միացությունների արտանետումները կարող են առաջանալ թրծման պրոցեսի նախնական փուլերում (ջերմափոխանակիչ դեկարբոնիզատոր) , երբ հումքային խառնուրդում գտնվող օրգանական նյութը ցնդում է նյութի տաքացման ժամանակ `400-600°C:

Որպես կանոն ցնդող օրգանական միացությունների պարունակությունը արտանետվող գազերում կարող է կազմել 1 – 80 մգ/նմ<sup>3</sup> (ընդհանուր ածխածնի հաշվարկով): Արտադրությունների մեծամասնությունում, արտանետումներում օրգանական միացությունները կազմում են 30 մգ/նմ<sup>3</sup> (միջինացված), ընդ որում հայտնաբերման նվազագույն շեմը կազմում է 1,5 – 2,1 մգ/նմ<sup>3</sup>:

#### **4.2.6 Պոլիբրոմացված պարա-դիբենզոդիօքսիներ և դիբենզոֆուրաններ**

Դիբենզոդիօքսիները և դիբենզոֆուրանները առաջանում են բարդ գործընթացների արդյունքում, որոնք պայմանավորված են վառարանի կառուցվածքով, այրման պայմաններով, հումքի սնուցման եղանակով և այլն: Բացի այդ, նշանակություն ունի նաև քլորի և օրգանական միացությունների համատեղ պարունակությունը` ցանկացած բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում: Նշված միացությունները կարող են ձևավորվել ցիկլոնային ջերմափոխանակչում կամ ջերմափոխանակիչից հետո, փոշեզտման սարքավորումներում, եթե հումքային նյութերում առկա են բավարար քանակությամբ քլոր և ածխաջրածիններ: Սակայն դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների ձևավորումը և դրանց հետագա արտանետումները տեղի են ունենում, եթե միաժամանակ պահպանվում են հետևյալ 5 պայմանները`

- ածխաջրածինների առկայությունը,
- քլորիդների առկայությունը,
- կատալիզատորի առկայությունը (համարվում է , որ Cu<sup>2+</sup>( և Fe<sup>2+</sup>) ցուցաբերում են կատալիտիկ էֆֆեկտ),
- համապատասխան ջերմային ինտերվալի առկայությունը,
- նյութերի, ջերմությունների համապատասխան ինտերվալում երկար ժամանակ մնալը:

Բացի այդ, մոլեկուլային թթվածինը պետք է ներկա լինի գազային հոսքում: Մանրագնին հետազոտությունները և չափագրումները ցույց տվեցին, որ դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների արտանետման մակարդակը ցեմենտի արտադրությունում ներկայումս կարող է որակավորվել որպես ցածր, նույնիսկ երբ թափոնները և վնասակար թափոնները օգտագործվում են որպես օժանդակ վառելիք: Տվյալները հավաքագրվել են խոնավ և չոր եղանակով արտադրող վառարաններից, որոնք աշխատում են տարբեր շահագործման պայմաններում և լայն դասի թափոնների և վնասակար թափոնների օգտագործմամբ, որոնք սնուցվում են ինչպես բոցամուղով այնպես էլ վառարանի մուտքով (ջերմափոխանակիչ և դեկարբոնիզատոր): Այդ հետազոտությունները թույլ տվեցին եզրակացնել, որ Եվրոպայում ցեմենտի արտադրությունը դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների արտանետման հազվադեպ (շատ աննշան է) աղբյուր է հանդիսանում, որովհետև`

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- ցեմենտի վառարանների մեծ մասը հիմնականում ունեն դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների արտանետումներ 0.1 նգ I-TEQ/ն<sup>3</sup> սահմաններում,
- որպես վառելիք և հումքային նյութ թափոնների օգտագործումը գլխավոր այրման խուց, վառարանային սնուցիչ կամ դեկարբոնիզատոր սնուցման ժամանակ, չի ազդում դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների արտանետումների վրա:

Չափումների արդյունքների գնահատման և տարբեր լաբորատորիաներում ստացված արդյունքների համեմատության համար, ներկայացվեց I-TEQ-ի մասին հասկացությունը, որը տոքսիկոլոգիայի միջազգային էկվիվալենտի հապավումն է:

#### **4.2.7 Մետաղներ և դրանց միացություններ**

Հումքային նյութերը, որպես կանոն պարունակում են մետաղներ: Դրանց կոնցենտրացիաները տատանվում են լայն տիրույթում: Բոլոր մետաղները կարող են բաժանվել 4 հիմնական խմբերի՝

ա. մետաղներ, որոնք առանձին կամ խառնուրդի կազմում հանդիսանում են դժվար հալվող, չցնդող նյութ, որոնց շարքին են դասվում՝ Ba, Be, Cr, As, Ni, Al, Ni, Ca, Fe, Mn, Cu և Ag: Այս մետաղները ամբողջությամբ ադսորբվում են կլինկերի կողմից և դուրս են բերվում վառարանից կլինկերի հետ: Արտանետվող փոշում այդ մետաղների պարունակությունը չնչին է,

բ. մետաղներ և դրանց միացություններ, որոնք հանդիսանում են կիսացնդող՝ Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K, Na: Այս մետաղները 700 – 900 °C ջերմաստիճանային հատվածում կոնդենսանում են սուլֆատների և քլորիդների տեսքով և վառարանում գտնվում են շրջանառության մեջ: Այս մետաղները կուտակվում են ջերմափոխանակիչներում և գործնականում ամբողջությամբ խառնվում կլինկերի հետ,

գ. թալիումի միացությունները (օրինակ՝ քլորիդը) կոնդենսանում են 450 – 550 °C տիրույթում: Ցիկլոնային ջերմափոխանակիչներով վառարաններում դրանք կուտակվում են ջերմափոխանակիչների վերին գոտում (ներքին շրջանառություն),

դ. սնդիկը և իր միացությունները ցնդող են: Սնդիկը և իր միացությունները ազատ կերպով դուրս են գալիս վառարանից և ջերմափոխանակիչից և կախված ծխազագերի ջերմաստիճանից միայն մասամբ են կլանվում հումքային նյութերի կողմից:

Կլինկերի թրծման պրոցեսում առանձին մետաղների արտանետման մակարդակը և վարքը կախված է դրանց ցնդելիությունից, վառարան սնուցման սխեմայից, հումքային նյութերում և վառելիքում մետաղի կոնցենտրացիայից, հատկապես վտանգավոր վառելիքային թափոնների, պրոցեսի տիպի օգտագործման ժամանակ և հատկապես փոշենստեցման համակարգում փոշու նստեցման արդյունավետությունից:

Նյութերը, որոնք թրծման պրոցես են ներմուծվել հումքային նյութերի և վառելիքի միջոցով, կարող են լրիվ կամ մասամբ ցնդել ջերմափոխանակչում և կամ վառարանում, կախված իրենց ցնդելիությունից, միացությունների հետ փոխազդեցությունից, որոնք առկա են լինում գազային ֆազում, և կոնդենսացվեն կլինկերի վրա, որը սնուցվում է սառնարան: Վառելիքից մետաղները առաջնահերթ մտնում են ծխազագեր, բայց վառարանից դրանց հետ արտանետվում են շատ քիչ քանակությամբ, շնորհիվ վառարանի և ջերմափոխանակչի պահելու հատկության: Քանի որ կլինկերում հումքային նյութերի հարաբերությունը վառելիքի նկատմամբ կազմում է մոտավորապես 10:1, հումքային նյութերի տեսքը և բնույթը որոշիչ գործոն են հանդիսանում մետաղների արտանետման համար:

Չցնդող մետաղները և դրանց միացությունները դուրս են գալիս կլինկերի հետ (ամբողջ քանակի 99,9 %-ից ավելին): Կիսացնդող մետաղների միացությունները անցնում են գազային

Ֆրակցիա և բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում կոնդենսանում են, խառնվելով և դուրս գալով կլինկերի հետ:

Ցնդող մետաղները և դրանց միացությունները կոնդենսանում են ցածր ջերմաստիճանային պայմաններում հումքային նյութերի մասնիկների վրա և գտնվում են ներքին և արտաքին շրջանառության մեջ, էթե չեն արտանետվում վառարանից՝ ծխագազերի միջոցով: Տալիումը, սնդիկը և իրենց միացությունները հեշտությամբ անցնում են գազային ֆազ: Դրանք բավական չափով չեն մտնում պորտլանդցեմենտային կլինկերի կազմի մեջ: Տալիումը և իր միացությունները կոնդենսացվում են ջերմափոխանակչի վերին գոտում, ջերմաստիճանի 450-500 °C ինտերվալում: Այդպիսով տալիումի մի մասը, որը բերվել է վառարանային համակարգ, մնում է ջերմափոխանակչում: Որպես դրա հետևանք ձևավորվում է մետաղի շրջանառության ներքին կամ արտաքին ցիկլ՝ ջերմափոխանակչի՝ հումքային նյութերի չորացման գոտու, և արտանետվող գազերի մաքրման համակարգի միջև: Տալիումի արտանետումների քանակը կախված է շրջանառության արտաքին ցիկլում նրա կոնցենտրացիայից և փոշեկլանման արդյունավետությունից: Օրինակ, փոշեզտիչների փոշում պարունակվող տալիումի կոնցենտրացիան ուղղակիորեն կախված է ցիկլում դրա կոնցենտրացիայի մակարդակից:

Ավելի քիչ տարածված կադմիումը, կապարը, սելենը և դրանց միացությունները նույնպես հեշտությամբ անցնում են գազային ֆազ: Ձևավորվում է ցնդող մետաղների ներքին շրջանառության ցիկլ, որում դրանք ռեակցիայի մեջ է մտնում թրծման ժամանակ քայքայված նյութի հետ կամ նստվածք են առաջացնում նյութերի վրա, որոնք սնուցվում են ջերմափոխանակչի կամ չորացման բաժանմունքի կալցինացման գոտու սառը հատված:

Ներքին ցիկլից մետաղները վերադառնում են հումքային խառնուրդ, փոշեկլանման համակարգում նստեցված փոշու հետ համատեղ, որի վրա դրանք կոնդենսացվում են: Ցեմենտի արտադրությունից առաջացած փոշին պարունակում է քիչ քանակությամբ մետաղներ և դրանց միացություններ, ինչպիսիք են օրինակ մկնդեղը՝ As, կադմիումը՝ Cd, սնդիկը՝ Hg, կապարը՝ Pb, տալիումը՝ Tl, ցինկը՝ Zn: Մետաղներով հագեցած փոշու գլխավոր աղբյուրներ են հանդիսանում ջերմափոխանակչով և դեկարբոնիզատորով վառարանային համակարգը, պտտվող վառարանը և կլինկերային սառնարանը: Ածխի և վառելիքային թափոնների օգտագործումը կարող են ավելացնել մետաղների մուտքը տեխնոլոգիական պրոցես: Քանի որ մետաղները, որոնք մտնում են վառարանային համակարգ, տարբերվում են իրենց ցնդելիությամբ, ցեմենտային վառարանում տաքացված գազերի բարձր ջերմաստիճանի դեպքում, մետաղական միացությունները նաև գտնվում են գազային ֆազում: Բալանսի հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ կլինկերում բարձր ցնդելիությամբ տարրերը դժվար են պահպանվում, դրանք հիմնականում կուտակվում են վառարանային համակարգում:

#### **4.2.8 Մնդիկ**

Մնդիկը և իր միացությունները հեշտությամբ անցնում են գազային ֆրակցիա: Մնդիկը տոքսիկ մետաղ է և կազմակերպությունները պետք է մեծ ուշադրություն դարձնեն դրա արտանետումների նվազեցմանը: Դա կարելի է իրականացնել կրճատելով սնդիկի պարունակությունը հումքային նյութերի և վառելիքի մեջ:

Մնդիկը և իր միացությունները չեն նստեցվում վառարանային համակարգում և/ կամ ջերմափոխանակչում, այդ իսկ պատճառով չեն մտնում կլինկերի կազմի մեջ: Դրանք ընկնում են արտանետվող գազեր, կոնդենսացվում են իրենց հովացման ժամանակ, և մասամբ աղսորբվում են հումքային նյութերի մասնիկներով՝ կախված գազի ջերմաստիճանից: Այդ բաժինը հեռացվում է համակարգից, արտանետվող գազերի փոշուց մաքրման ժամանակ: Մնդիկի կոնցենտրացիան կարող է ավելանալ միայն արտաքին ցիկլի դեպքում, որտեղ կոնցենտրացիայի և արտանետումների մակարդակը հիմնականում կախված են

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

արտանետվող գազերի պայմաններից: Բացի այդ, արտանետվող գազերի հետ սնդիկի նստեցումը և հետևաբար հեռացումը ավելանում է դրանց ջերմաստիճանի նվազեցման դեպքում: Ցիկլոնային ջերմափոխանակչով վառարանային համակարգի չափումները ցույց տվեցին, որ սնդիկի ավելի քան 90% գտնվում է մասնիկների վրա, որոնք ձևավորվում են արտանետվող գազում, 130°C -ից ցածր ջերմաստիճանային պայմաններում: Վառարանային համակարգի փոշեկլանիչից սնդիկի միացությունները փոշու հետ միասին լիովին հեռացվում են: Փոշեկլանիչի բարձր արդյունավետության դեպքում, սնդիկի կոնցենտրացիան պտտվող վառարանի փոշեգտված ծխագազերում, հաճախ որոշման սահմանից ցածր է լինում:

Սնդիկի արտանետումների կրճատման մյուս միջոցը փոշեկլանման ժամանակ, սնդիկի և իր միացությունների նստեցման պրոցեսի բարելավման նպատակով, օդափոխանակման աշտարակից հետո գազի ջերմաստիճանի իջեցումը, և փոշեկլանման արդյունավետության բարձրացումն են:

#### **4.2.9 Քլորաջրածին և ֆտորաջրածին (HCl և HF)**

Քլորիդների և ֆտորիդների պարունակությունը ցեմենտի արտադրությունների արտանետումներում չնչին է: Դրանք կարող են պարունակվել հումքային նյութերում կամ հեղուկ և պինդ վառելիքի կազմում: Այդ նյութերի բաղադրության վերահսկման համար անհրաժեշտ է իրականացնել կանոնավոր պարբերական մոնիտորինգ:

#### **ա. Քլորի գազային անօրգանական միացություններ**

Հումքային նյութերում և վառելիքում պարունակվող քլորի միացությունները, կլինկերի արտադրության փոքր բաղադրիչ մաս են կազմում: Թրծման պրոցեսի ժամանակ դրանք կարող են վառարան մտնել տարբեր հումքային նյութերի հետ: Դրանք ալկալիների ազդեցությամբ ձևավորում են ալկալների քլորիդներ: Այդ միացությունները, որոնք սկզբում ցնդում են, կոնդենսացվում են հումքային խառնուրդի կամ վառարանային փոշու վրա ջերմաստիճանի 700-900°C -ի ինտերվալում, իսկ հետո կրկին ընկնում են վառարան և ցնդում: Դրանք ձևավորում են ցիկլային շրջանառություն և կարող են կուտակվել վառարանային համակարգի և ցիկլոնային ջերմափոխանակչի միջև ընկած տարածությունում: Վառարանային գազերի բայպասը թույլ է տալիս արդյունավետ կերպով նվազեցնել ալկալային քլորիդների շրջանառությունը և դրանով իսկ պակասեցնել վառարանի շահագործման դժվարությունները: 1 կգ կլինկերի համար 0.2 գ Cl քլորիդների կոնցենտրացիայի ժամանակ, կախված գործարանի առանձնահատկությունից, նյութի կաշտողության կանխարգելման համար, ցիկլոնային ջերմափոխանակչի ստորին հատվածի ծխագազերի մի մասը վառարանից ուղարկում են բայպասի միջով և հովացնում են: Գազի հոսքի հովացման ժամանակ ալկալային միացությունները, որոնք գտնվում են գազում, կոնդենսացվում են փոշու մասնիկների վրա և կարող են հետո փոշեկլանիչի օգնությամբ հեռացվել վառարանային համակարգից: Բայպասային համակարգում հավաքված փոշին, վերադարձվում է ցեմենտային աղաց` որոշակիորեն վերահսկվող պայմաններում:

#### **բ. Ֆտորի գազային անօրգանական միացություններ**

Պտտվող վառարաններում առկա ֆտորի ամբողջ քանակի 90-95-ը գտնվում է կլինկերի կազմում, իսկ մնացած մասը գտնվում է փոշում` կալցիումի ֆտորիդի տեսքով, որը կայուն է թրծման պրոցեսի պայմաններում: Շտրիիվ կալցիումի մեծ քանակությամբ ավելցուկի, ֆտորի և ջրածնի ֆտորիդի գազանման միացությունների արտանետումները փաստորեն բացառվում են: Զտիչի միջով անցած փոշու գերմանր ֆրակցիաները, չափման ժամանակ կարող են ցույց տալ պտտվող վառարանից ֆտորի միացությունների շատ քիչ քանակությամբ

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

առանձնացում: Քիչ քանակությամբ ֆտորիդ է առանձնանում վառարանային փոշու հետ CaF<sub>2</sub> -ի տեսքով:

#### **4.2.10 Ամոնիակ (NH<sub>3</sub>)**

Ամոնիակի արտանետումները հումքանյութերից կարող են առաջանալ կլինկերի թրծման սկզբնական փուլում: Ամոնիակի պարունակությունը ցեմենտի արտադրության արտանետումներում կարող է հասնել մինչև 200 նգ/մ<sup>3</sup>. NH<sub>3</sub> լրացուցիչ քանակներ կարող են առաջանալ ազոտի օքսիդների սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ վերականգնման ժամանակ, որի դեպքում առանձնանում է ռեակցիայի մեջ չմտած ամոնիակ:

#### **4.2.11 Բենզոլ, տոլուոլ, էթիլբենզոլ և քսիլոլ**

Այս նյութերի վերահսկողությունը պետք է կատարվի, եթե արտադրությունում որպես վառելիք օգտագործվում են թափոններ:

#### **4.2.12 Պոլիարոմատիկ ածխաջրածիններ**

Այս նյութերի վերահսկողությունը պետք է կատարվի եթե արտադրությունում որպես վառելիք օգտագործվում են թափոններ:

#### **4.2.13 Այլ օրգանական նյութեր**

Ցեմենտի արտադրության ժամանակ գոյացող այլ օրգանական նյութերի շարքին են դասվում քլորբենզոլները, պոլիքլորացված բիֆենիլները և քլորնաֆթալինները:

Այս նյութերի վերահսկողությունը պետք է կատարվի եթե արտադրությունում որպես վառելիք օգտագործվում են թափոններ:

#### **Տեխնոլոգիական ցուցանիշների և արտանետումների վերահսկողություն**

Կլինկերի այրման պրոցեսի վերահսկողության դեպքում խորհուրդ է տրվում մշտապես իրականացնել հետևյալ պարամետրերի չափումներ՝

- ճնշում,
- ջերմաստիճան,
- թթվածնի պարունակություն,
- ազոտի օքսիդների պարունակություն,
- ածխածնի մոնօքսիդի պարունակություն (հատկապես SO<sub>2</sub> բարձր կոնցենտրացիայի դեպքում),
- ծծմբի երկօքսիդի պարունակություն (ստեղծված է CO-ն NO<sub>x</sub> և SO<sub>2</sub>-ի հետ օպտիմիզացման տեխնիկա):

Արտանետումների ճշգրիտ քանակի որոշման համար խորհուրդ է տրվում անընդմեջ կատարել հետևյալ պարամետրերի չափումներ (կարող է դրանց կրկնակի չափման անհրաժեշտություն առաջանալ, եթե չափված մակարդակը փոփոխվել է ստուգման կետի հետ համեմատ)՝

- ծխազագերի արտանետումների ծավալ (կարող է հաշվարկվել, սակայն դա բավականին բարդ է),
- խոնավություն (կարող է հաշվարկվել, սակայն դա բարդ է),
- ջերմաստիճան,
- փոշի,
- O<sub>2</sub>,
- NO<sub>x</sub>,
- SO<sub>2</sub>,

*Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- CO:

Կանոնավոր պարբերական մոնիտորինգը կատարվում է հետևյալ նյութերի համար՝

- մետաղներ և դրանց միացություններ,
- ընդհանուր օրգանական միացություններ,
- HCl,
- HF,
- NH<sub>3</sub>,
- դիբենզոդիօքսիններ և դիբենզոֆուրաններ:

Սակայն կարելի է չափել և վերահսկել ընդհանուր օրգանական միացությունների, NH<sub>3</sub>, HCl և HF-ի պարունակությունը, մշտապես և անընդհատ կատարել դիբենզոդիօքսինների և դիբենզոֆուրանների կուտակային նմուշառումներ՝ 1-30 օրվա ընթացքում անալիզ կատարելու համար:

Հետևյալ նյութերի չափումները պետք է իրականացնել անհրաժեշտության և գործունեության հատուկ պայմանների դեպքում՝

- բենզոլ, տոլուոլ, քսիլոլ,
- պոլիարոմատիկ ածխաջրածիններ,
- այլ օրգանական աղտոտիչներ (օրինակ՝ քլորբենզոլ, պոլիքլորացված բիֆենիլներ, քլորնաֆտալին և այլն):

## **5. ՈՐՊԵՍ ԼԱՎԱԳՈՒՅՆ ՀԱՍԱՆԵԼԻ ԴԻՏԱՐԿՎՈՂ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ**

Սույն բաժնում ներկայացված են արդյունաբերությունում շրջակա միջավայրի պահպանության պոտենցիալի բարձր մակարդակի հասնելու միջոցները/եղանակները (տեխնոլոգիաները), ինչը տվյալ փաստաթղթի բուն նպատակն է: Այստեղ ներառված են՝ կառավարման համակարգերը, գործընթացի մեջ օգտագործվող տեխնոլոգիաները և վերջնական միջոցները:

Դիտարկվում են կանխարգելման, վերահսկման, նվազեցման և վերաշրջանառության գործընթացները, ինչպես նաև էներգիայի և նյութերի կրկնակի օգտագործումը:

### **5.1. Ցեմենտի արտադրությունների համար լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներ**

Տեխնիկական լուծումները, դրանց հետ կապված վնասակար նյութերի արտանետումները և ռեսուրսա ու էներգասպառման մակարդակները (կամ մակարդակների դիապազոնը), որոնք ներկայացված են այս բաժնում, գնահատվել են կրկնվող գործընթացների միջոցով, որոնք ներառում են՝

- տվյալ արտադրական ոլորտի շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության հիմնական աղբյուրների իդենտիֆիկացում . ցեմենտի արտադրության համար դա՝ էներգասպառումն է, ներառյալ թափոնների որպես վառելիք օգտագործումը և մթնոլորտային արտանետումները,
- շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության աղբյուրների հետ կապված ,ավելի նպատակահարմար տեխնիկական լուծումների անալիզ,
- ամբողջ աշխարհում ևԵվրոպական Հանձնաժողովի ունեցած տվյալների հիման վրա շրջակա միջավայրի պահպանության համար լավագույն մակարդակների երևան բերելը,

*Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- նշված մակարդակներին հասնելու պայմանների հետազոտում՝ արժեք, խաչվող էֆեկտներ, հիմնական շարժիչ ուժեր, որոնք ներգրավվում են տեխնիկական լուծումների իրականացման համար
- լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաների (ԼՀՏ) ընտրություն, և դրանց հետ կապված շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունները և/ կամ ոլորտի համար ռեսուրսա և էներգասպառման մակարդակները:

Սույն բաժնում ներկայացված են լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաները և դրանց հետ կապված շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունների և ռեսուրսա ու էներգասպառման մակարդակները, որոնք ստացվել են վերը նշված ստրատեգիայի կետ առ կետ իրականացման ճանապարհով: Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության մակարդակները և ռեսուրսա ու էներգասպառման մակարդակները հարկ է ընդունել , որպես ցուցանիշներ , որոնց կարելի է հասնել ԼՀՏ-ի կիրառման շնորհիվ, հաշվի առնելով այդ տեխնոլոգիաների ներդրման ծախսերը: Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության մակարդակները և ռեսուրսա ու էներգասպառման մակարդակները առանձին չեն կարող դիտարկվել , առանց հաշվի առնելու մնացած գործոնները: Որոշ դեպքերում, տեխնիկապես հնարավոր է հասնել արտանետման կամ սպառման լավագույն ցուցանիշների, բայց արժեքի կամ խաչվող էֆեկտների պատճառով, դրանք չեն դիտարկվում, որպես ԼՀՏ-ին բնորոշ, ոլորտի համար ընդհանրապես: Սակայն նման մակարդակները կարող են նկատի առնվել հատուկ դեպքերում, եթե կան դրանց կիրառման համար հատուկ պայմաններ:

Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության մակարդակները և ռեսուրսա ու էներգասպառման մակարդակները, որոնք կապված են ԼՀՏ-ի օգտագործման հետ, պետք է դիտարկվեն ընդունված տեխնիկական պայմանների օգտագործման հետ և որոշակի միջինացված ժամանակահատվածում:

Անհրաժեշտ է տարբերել “ԼՀՏ-ի հետ կապված մակարդակներ” և “հասանելի մակարդակ” հասկացությունները: Եթե որոշակի մեթոդի, տեխնոլոգիայի կամ դրանց համակցության օգտագործման ժամանակ կիրառվում է “հասանելի մակարդակ” հասկացությունը, ապա այն պետք է հասկացվի, որպես տվյալ տեխնիկական լուծումները կիրառող կարգավորված ազդեցատի կամ պրոցեսի համար որոշակի ժամանակահատվածի ընթացքում ակնկալվող ցուցանիշի արժեք :

Ներդրման արժեքի կոնկրետ մեծությունը կախված կլինի կոնկրետ իրավիճակից, օրինակ հարկերից, սուբսիդացիայից և համապատասխան սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերից: Տվյալ փաստաթղթում հնարավոր չէ լիովին գնահատել բոլոր նշված գործոնները: Համապատասխան տվյալների բացակայության դեպքում տեխնիկական լուծումների տնտեսական և կենսունակության եզրակացությունները կատարվել են առկա սարքավորումների տվյալների հիման վրա:

ԼՀՏ-ները, շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության, ինչպես նաև ռեսուրսա և էներգասպառման մակարդակները հանդիսանում են “ընդհանուր” բնորոշ ամբողջ ոլորտին: Դրանք հանդիսանում են “հենակետային կետեր”, որոնց համար իրականացվում է գործող սարքավորումների գնահատում կամ ընդունվում է նոր հանգույցի կառուցման որոշում: Այդ առումով դրանք կոչված են օգնելու գնահատել, թե արդյո՞ք տվյալ սարքավորումը կամ գործընթացը հիմնված են 2010/75 Դիրեկտիվով նշված համապատասխան ԼՀՏ օգտագործման սկզբունքների վրա: Նոր սարքավորումները կամ գործընթացները կարող են նախագծվել այնպես, որ լինեն ավելի կատարելագործված քան ԼՀՏ-ում ներկայացվածները: Ինչպես նաև հարկ է ուշադրություն դարձնել այն փաստի վրա, որ գոյություն ունեցող սարքավորումները և գործընթացները կարող են կատարելագործվել, հաշվի առնելով իրենց տեխնիկական և տնտեսական ներդրման գնահատականները:

ԼՀՏ-ները ուղղակի կապ չունեն ստանդարտների հետ, դրանք արդյունաբերության ղեկավարության, պետության և հասարակության համար հանդիսանում են միջինացված տեղեկատվություն՝ հատուկ տեխնիկական լուծումներ օգտագործելիս ձեռք բերված արտանետումների և սպառման մակարդակների վերաբերյալ:

## **5.2. Բնապահպանական կառավարման համակարգեր**

Էկոլոգիական մենեջմենթի համակարգին բնորոշ մի շարք աշխատանքային գործոններ ԼՀՏ են համարվում:

Ժամանակակից բնապահպանական կառավարման համակարգը ԼՀՏ ներդրման պայման է: Բնապահպանական կառավարման համակարգի լիարժեքությունը և տեսակը պետք է համապատասխանեն արտադրության (գործունեության) բարդությանը, բնույթին և ծավալներին և շրջակա միջավայրի վրա դրա ազդեցության աստիճանին:

### **1 . ԼՀՏ-ն դա ԲԿՀ-ի որոշակի պահանջների կատարումն է, որոնք համաձայն տեղական այս կամ այն առանձնահատկությունների ներառում են հետևյալ հիմնական դրույթները՝**

ա. ղեկավարության պատասխանատվություն (ղեկավարության պատասխանատվությունը դիտարկվում է , որպես ԲԿՀ-ի այլ պահանջների պարտադիր կատարման պայման)

բ. ղեկավարության կողմից բնապահպանական քաղաքականության ընդունում, որը ներառում է սարքավորումների մշտական բարելավման (բնապահպանական արդյունավետություն) պահանջ,

գ. անհրաժեշտ գործընթացների, նպատակների և խնդիրների պլանավորում և ներդրում, հաշվի առնելով ֆինանսական պլանները:

Ստորև ներկայացվում են երեք պարամետրեր, առանց որոնց ԲԿՀ –ն ԼՀՏ չէր հանդիսանա՝

- կառավարման համակարգը և աուդիտի գործընթացը պետք է ստուգվեն և հաստատվեն կամ սերտիֆիկացման հավատարմագրված մարմնի կողմից, կամ գրանցման արտաքին կազմակերպության կողմից,
- բնապահպանական կանոնավոր հայտարարությունները (զեկույցները) պետք է պատրաստվեն և հրատարակվեն ( այն դեպքերում, երբ դա հնարավոր է, վավերացվեն երրորդ կողմով) և արտացոլեն սարքավորման կարևոր բնապահպանական ասպեկտները այնպես, որ հնարավոր լինի համեմատել(ըստ տարիների) նպատակների, խնդիրների և ոլորտային բնութագրերի հետ(երբ դա նպատակահարմար է):
- Շրջակա միջավայրի վիճակի մասին կանոնավոր տեղեկագրերի պատրաստում և հրապարակում (հնարավոր է արտաքին հաստատում), որոնք նկարագրում են բնապահպանության վրա սարքավորումների ազդեցության կարևոր ասպեկտները, որոնք թույլ են տալիս տարեցտարի կատարել նպատակների և շրջակա միջավայրի պահպանության վերաբերյալ խնդիրների համեմատություն, ստանալով համապատասխան ձեռքբերումների վերլուծության հնարավորություն:

Ցեմենտի արտադրության համար կարևոր է ուշադրություն դարձնել ԲՀԿ-ի հետևյալ պոտենցիալ առանձնահատկությունների վրա՝

- շահագործումից սարքավորման դուրս բերման ժամանակ շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունը պետք է հաշվի առնվի նոր գործարանի նախագծման փուլում,
- ավելի մաքուր տեխնոլոգիաների զարգացում և կրկին ի հայտ եկող հնարավորությունների (հետազոտությունների արդյունքների ) հաշվառում,
- որտեղ հնարավոր է կանոնավոր ոլորտային համեմատական վերլուծության (բենչմարքինգ)անցկացում, հաշվի առնելով այնպիսի պարամետրերը, ինչպիսիք են

*Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

Էներգետիկ արդյունավետությունը և էներգասպառումը, հումքային և օժանդակ նյութերի ընտրությունը, մթնոլորտային արտանետումների բնութագրերը, կեղտաջրերի արտահոսքը, ջրի սպառումը և թափոնների ձևավորումը:

### 5.3. Հիմնական առաջնային տեխնիկական լուծումներ

*2.ԼՀՏ՝ դա վառարանում կայուն և համաչափ թրծման գործընթաց է՝ սահմանված չափանիշներին համապատասխան, ինչը նպաստավոր է ինչպես արտանետումների, այնպես էլ էներգիայի օգտագործման տեսակետից՝ և հասանելի հետևյալ տեխնիկական լուծումների արդյունքում՝*

ա. վերահսկողության գործընթացի կարգավորում, ներառյալ համակարգչային ավտոմատ վերահսկում,

բ. վառելիքի սնուցման ժամանակակից համակարգերի օգտագործում:

*3. ԼՀՏ՝ դա վառարան տրվող բոլոր նյութերի մանրագննին ընտրությունը և վերահսկողությունն է, արտանետումների կանխարգելման կամ նվազեցման նպատակով:*

*4. ԼՀՏ՝ դա տեխնոլոգիական գործընթացի և արտանետումների ցուցանիշների մշտական մոնիտորինգի (մշտադիտարկումների) և չափումների իրականացումն է, ինչպիսիք են՝*

ա. գործընթացների կայունությունը ցույց տվող ցուցանիշների՝ ջերմաստիճանի, թթվածնի պարունակության, ճնշման անկման, հոսքերի արագության մշտական չափումները,

բ. գործընթացի կրիտիկական ցուցանիշների վերահսկումը և կայունացումը, այն է՝ հումքային խառնուրդի համասեռացում, վառելիքի մատակարարում, թթվածնի ավելցուկի և դոզավորման հաստատունություն,

գ. փոշու, NOx, SOx և CO արտանետումների մշտական չափումները,

դ. մետաղների, դիբենզոդիօքսիսինների և դիբենզոֆուրանների արտանետումների պարբերական չափումները,

ե. HCl, HF և ընդհանուր օրգանական միացությունների մշտական կամ պարբերական չափումները:

### 5.4. Էներգասպառում և գործընթացի ընտրություն

Արտադրման եղանակի ընտրությունը կարևոր ազդեցություն է թողնում կլիմայի արտադրությունում էներգիայի օգտագործման և մթնոլորտային արտանետումների վրա:

*5. Նոր և հիմնովին վերակառուցվող գործարանների համար ԼՀՏ-ն դա բազմափուլային ջերմափոխանակիչով և ղեկարրոնիզատորով չոր եղանակի վառարանների օգտագործումն է: ԼՀՏ-ի համաձայն կանոնավոր և կարգավորված շահագործման պայմաններում, ջերմամշակման (թրծման) համար ջերմության ծախսը լինում է 2900-3300 ՄՋ/տոննա (կլիմայի) սահմաններում:*

*6. ԼՀՏ-ն դա ջերմային էներգիայի ծախսի նվազեցումն է համակցված տեխնիկական լուծումների հիման վրա:*

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

ա. Բարելավված և կարգավորված վառարանային համակարգի և սահմանված պարամետրերի համաձայն, վառարանի շահագործման հարթ և կայուն պրոցեսի օգտագործում, կիրառելով՝

- ❖ պրոցեսի կառավարման կարգավորում, ներառյալ համակարգչային ավտոմատ կառավարումը
- ❖ վառելիքի սնուցման ժամանակակից քաշային համակարգ,
- ❖ ջերմափոխանակչի և դեկարբոնիզատորի ընդլայնում(հնարավորինս) , հաշվի առնելով առկա վառարանի կոնֆիգուրացիան:

բ. վառարանից ջերմության ավելցուկի վերականգնում, հատկապես հովացման գոտուց: Մասնավորապես հովացման գոտուց կամ ջերմափոխանակչից, ջերմության ավելցուկը կարող է օգտագործվել հումքային նյութերի չորացման համար,

գ. օգտագործվող վառելիքի, հումքային նյութերի հատկությունների և բնութագրերի համաձայն, ցիկլոնների համապատասխան քանակի օգտագործում ,

դ. այնպիսի բնութագրով վառելիքի օգտագործում, որը դրական ազդեցություն է թողնում ջերմային էներգիայի սպառման վրա,

ե. սովորական վառելիքի փոխարեն թափոնների օգտագործման դեպքում, անհրաժեշտ է օգտագործել հատուկ կարգավորված և համապատասխան վառարանային համակարգ՝ թափոնների այրման համար,

զ. բայապսի համակարգ գազային հոսքի նվազեցում:

**7. L2S-ն դա ջերմային էներգիայի ծախսի նվազեցումն է ցեմենտում կլինկերի պարունակության նվազեցման միջոցով:**

**8. L2S-ն դա ջերմային էներգիայի ծախսի նվազեցումն է էներգիայի լրացուցիչ քանակների արտադրության միջոցով՝ միավորելով գործարանները ջերմաէլեկտրակայանների կամ ջերմակենտրոնների հետ՝ հնարավորինս ջերմության օգտակար ծախսի հիման վրա, էներգիայի կարազավորման սխեմաների սահմաններում, որոնք տնտեսապես կայուն են:**

**9. L2S-ն դա էլեկտրաէներգիայի նվազագույն օգտագործումն է՝ հետևյալ տեխնիկական լուծումների առանձին կամ համատեղ օգտագործման միջոցով՝**

ա. էլեկտրական հզորությունների կառավարման համակարգի օգտագործում,

բ. բարձր էներգաարդյունավետությամբ աղացների և այլ սարքավորումների օգտագործում:

## 5.5 Փոշու արտանետումներ

### 5.5.1 Փոշու չկազմակերպված արտանետումներ

**10. L2S-ն դա փոշու չկազմակերպված արտանետումների կանխարգելում/նվազեցումն է հետևյալ առանձին կամ համատեղ տեխնիկական լուծումների միջոցով՝**

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

ա. տեխնիկական լուծումներ փոշու չկազմակերպված արտանետումների հետ կապված գործընթացների վերաբերյալ,

բ. տեխնիկական լուծումներ նյութերի տարածքային (անկանոն) պահեստավորման վերաբերյալ:

### **5.5.2 Փոշու կազմակերպված արտանետումներ**

Այստեղ ներկայացված են ԼՀՏ ՝ թրծումից, հովացումից և մանրեցման հիմնական պրոցեսից տարբերվող գործունեությունից առաջացած փոշու արտանետումների համար: Հաշվի է առնված հումքային նյութերի մանրացումը, դրանց տեղափոխումը և բարձրացումը, հումքային նյութերի, կլինկերի, ցեմենտի վառելանյութի (նաֆտային կոկս, ածուխ, գորշ ածուխ) և ցեմենտի բարձումը:

**11. ԼՀՏ-ն դա վերանորոգման կառավարման համակարգի օգտագործումն է, որն հատուկ ուղղված է գտիչների վիճակի հսկմանը: Ուշադրություն դարձնելով սովյալ համակարգին, ԼՀՏ-ն թույլ է տալիս նվազեցնել փոշու արտանետումներն՝ կենտրոնացված աղբյուրներից մինչև 10 մգ/նմ<sup>3</sup>, որպես գազամաքման չոր եղանակով իրականացվող նմուշառման ընթացքում միջին ցուցանիշ:**

Արտանետումների սովյալ ցուցանիշը առաջին հերթին պետք է կիրառվի արտանետումների փոքր աղբյուրների (< 10000 նմ<sup>3</sup>/ժ) համար:

### **5.5.3 Կլինկերի թրծման վառարանի փոշու արտանետումներ**

ԼՀՏ-ի սովյալ բաժինը կապված է թրծման ընթացքում առաջացած փոշու արտանետումների հետ:

**12. ԼՀՏ-ն դա վառարանից դուրս եկող գազերում փոշու արտանետումների նվազեցումն է գտիչների օգնությամբ գազամաքման չոր եղանակը կիրառելիս: ԼՀՏ-ի կիրառման դեպքում, արտանետումների միջին օրական մեծությունը կազմում է < 10 – 20 մգ/նմ<sup>3</sup>: Թերային գտիչների, նոր կամ կատարելագործված էլեկտրագտիչների կիրառման դեպքում կարելի է հասնել փոշու արտանետումների ավելի ցածր արժեքների:**

### **5.5.4 Մանրացման և հովացման ընթացքում փոշու արտանետումներ**

**13. ԼՀՏ-ն դա նյութերի մանրեցման և կլինկերի սառեցման ժամանակ գազերում փոշու արտանետումների նվազեցումն է գտիչի միջոցով գազամաքման չոր եղանակը կիրառելիս: ԼՀՏ-ի կիրառման դեպքում արտանետումների միջին օրական արժեքը (կետային նմուշառում ամեն կես ժամը մեկ) կազմում է < 10 – 20 մգ/նմ<sup>3</sup>: Թերային գտիչների, նոր կամ կատարելագործված էլեկտրագտիչների կիրառման դեպքում կարելի է հասնել փոշու արտանետումների էլ ավելի ցածր արժեքների:**

## **5.6 Գազային նյութեր (միացություններ)**

### **5.6.1 NO<sub>x</sub> արտանետումներ**

**14. ԼՀՏ-ն դա արտանետվող վառարանային գազերում NO<sub>x</sub> արտանետումների նվազեցումն է հետևյալ տեխնիկական լուծումների առանձին կամ համատեղ կիրառման միջոցով՝**

- (ա) առաջնային տեխնիկական լուծումներ՝
  - այրման ջերմաստիճանի նվազեցում,

*Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

- NO<sub>x</sub> ցածր արտանետումներով այրիչներ,
- վառելիքի այրում վառարանի միջին հատվածում`
- հանքայնացնող նյութերի ավելացում` հումքային խառնուրդի եռակալման գործընթացի բարելավման նպատակով,
- պրոցեսի կարգաբերում,

(բ) սովորական վառելանյութի կամ դեկարբոնիզատորի հետ համատեղ վառելիքային մնացորդների փուլային այրում կամ կարգավորված վառելիքային խառնուրդի օգտագործում,

(գ) ազոտի օքսիդների սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ վերականգնման տեխնոլոգիաների կիրառում (արտանետումների նվազեցման դեպքում),

(դ) ազոտի օքսիդների սելեկտիվ կատալիտիկ վերականգնման տեխնոլոգիաների կիրառում, համապատասխան կատալիզատորի ստեղծման և ցեմենտի արդյունաբերության պրոցեսի զարգացման պայմաններում:

Վերը նշված ԼՀՏ-ները կիրառելիս հնարավոր է հասնել NO<sub>x</sub> արտանետումների հետևյալ մակարդակների`

Աղյուսակ 2` ԼՀՏ- կիրառման դեպքում ցեմենտի արդյունաբերության վառարաններից NO<sub>x</sub> արտանետումների մակարդակները

<i>Վառարանի տեսակը</i>	<i>Չափման միավորը</i>	<i>Արտանետումների միջին օրական արժեքը</i>
Ցիկլոնային ջերմափոխանակիչներով վառարան	մգ/նմ <sup>3</sup>	<200-450 <sup>2) 3)</sup>
Լեպոլ վառարաններ և երկար, պտտվող վառարաններ	մգ/նմ <sup>3</sup>	400-800 <sup>1)</sup>

1) կախված է ամոնիակի սկզբնական մակարդակից և անցահոսքից:  
 2) ԼՀՏ-ի հետ կապված արտանետումների մակարդակը 500մգ/նմ<sup>3</sup> է  
 3) Վառարանի կառուցվածքը, վառելիքային խառնուրդի հատկությունները` արտանետվող թափոնները, և այդ խառնուրդի այրումը, իրենց դերն են ունենում արտանետումների դիսպոզիցիայի վրա: 350 մգ/ նմ<sup>3</sup>-ից ցածր կարող է լինել լավ պայմաններով վառարանում: 200 մգ/ նմ<sup>3</sup>-ից ցածր տեղեկացվել է միայն երեք գործարաններից(օգտագործվել են հեշտ եռակալվող խառնուրդներ)

**15. Արտանետումների նվազեցման տեխնոլոգիաների օգտագործման դեպքում ԼՀՏ-ն ռա`**

ա. NO<sub>x</sub> արտանետումների մակարդակի նվազեցման համապատասխան և արդյունավետ մեթոդի կիրառում, պրոցեսի ստաբիլ ընթացքի ժամանակ,

բ. ամոնիակի լավ և ստեխիոմետրիկ տարածման կիրառում, NO<sub>x</sub> արտանետումների նվազեցման գերարդյունավետ մակարդակին հասնելու և ամոնիակի ռեակցիա չմտած դուրս գալու (անցահոսքի) նվազեցման նպատակով,

գ. արտանետվող գազերում, NH<sub>3</sub>-ի ռեակցիա չմտած դուրս գալու և արտանետումների հնարավորինս ցածր մակարդակում պահպանում, բայց 30 մգ / նմ<sup>3</sup>-ից ցածր (միջին օրական մեծություն): Պետք է հաշվի առնվի NO<sub>x</sub> արտանետումների նվազեցման

Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում

արդյունավետության և ամոնիակի հետքերի գոյացման միջև հարաբերակցությունը: Կախված  $NO_x$  –ի նախնական մակարդակից և  $NO_x$  –ի նվազեցման արդյունավետությունից, ամոնիակի ռեակցիա չմտած դուրս գալը (անցահոսքը) կարող է 5030 մգ / նմ<sup>3</sup> –ից ավել լինել: Լեպոլ վառարանի և երկար պտտվող վառարանների համար նշված մակարդակը կարող է նույնիսկ ավելին լինել:

### 5.6.2 Ծծմբի օքսիդի արտանետումներ

**16. ԼՀՏ-ն դա  $SO_x$  արտանետումները ցածր մակարդակի վրա պահպանելը կամ վառարանից և/կամ ջերմափոխանակից/դեկարբոնիզատորից դուրս մղվող գազերի  $SO_x$  արտանետումները նվազեցնելն է 'հետևյալ տեխնիկական լուծումներից մեկի կիրառման միջոցով'**

ա. կլանիչի ավելացում,

բ. սկրուբեր:

Վերը նշված ԼՀՏ-ների կիրառման դեպքում կարելի է հասնել  $SO_x$  արտանետումների հետևյալ մակարդակին՝

Աղյուսակ 3. ԼՀՏ-ի կիրառման դեպքում ցեմենտի արտադրությունում վառարաններից  $SO_x$  արտանետման մակարդակները

Պարամետր	Չափողականություն	Միջին օրական արժեք
$SO_x$ , արտահայտված որպես $SO_2$	մգ/ նմ <sup>3</sup>	< 50 - < 400 <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Ինտերվալն ընդունվում է հաշվի առնելով հումքային նյութում ծծմբի պարունակությունը		

**17. ԼՀՏ-ն դա հումքի մանրեցման գործընթացի կարգավորումն է (արտադրության չոր եղանակի համար), ինչը երաշխավորում է վառարանից  $SO_2$  արտանետումների նվազեցում:**

### 5.6.3 CO արտանետումներ և CO անցահոսքեր

**18. Էլեկտրագոտիչների կամ հիբրիդային ֆիլտրերի կիրառման ժամանակ ԼՀՏ-ն դա CO անցահոսքերի հաճախականության նվազեցումը և տարվա մեջ դրանց ընդհանուր տևողության 30 րոպեից ոչ ավելի պահպանումն է, օգտագործելով դրա համար հետևյալ միավորված տեխնիկական լուծումները՝**

ա. էլեկտրագոտիչների պարապուրդի նվազեցում,

բ. CO կոնցենտրացիայի ավտոմատ անդադար չափման կիրառում,

գ. արագ չափման և վերահսկման համար սարքավորումների կիրառում, ներառյալ կարճ ժամանակում արձագանքմամբ CO կառավարման համակարգը, որը գտնվում է CO աղբյուրի մոտակայքում:

Լավագույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում

#### 5.6.4 Օրգանական միացությունների գումարային արտանետումներ

**19. ԼՀՏ-ն դա վառարանից դուրս եկող գազերում օրգանական միացությունների գումարային արտանետումները ցածր մակարդակի վրա պահելն է, հետևյալ տեխնիկական լուծումների կիրառման միջոցով՝**

ա. խուսափում մեծ քանակությամբ ցնդող օրգանական միացություններ պարունակող հումքային նյութերի վառարան սնուցումից,

#### 5.6.5. Քլորաջրածնի (HCl) և ֆտորաջրածնի (HF) արտանետումներ

**20. ԼՀՏ-ն դա HCl արտանետումների պահպանումն է 10 մգ/ նմ<sup>3</sup> –ից ցածր՝ որպես միջին օրական արժեք կամ նմուշառման ժամանակահատվածի միջին արժեք (կետային չափումներ ամեն կես ժամը մեկ) հետևյալ առաջնային տեխնիկական լուծումների առանձին կամ համատեղ կիրառման միջոցով՝**

ա. քիչ քլոր պարունակող հումքային նյութերի կամ վառելանյութի օգտագործում,

բ. քլորի քանակության սահմանափակում ցանկացած թափոններում, որոնք ցեմենտի վառարանում օգտագործվում են որպես հումքային նյութ և/ կամ վառելանյութ:

**21. ԼՀՏ-ն դա HF արտանետումների պահպանումն է 1մգ/ նմ<sup>3</sup> –ից ցածր՝ որպես միջին օրական արժեք կամ նմուշառման ժամանակահատվածի միջին արժեք (կետային չափումներ ամեն կես ժամը մեկ) հետևյալ առաջնային տեխնիկական լուծումների առանձին կամ համատեղ կիրառման միջոցով՝**

ա. քիչ ֆտոր պարունակող հումքային նյութերի կամ վառելանյութի օգտագործում,

բ. ֆտորի քանակության սահմանափակում ցանկացած թափոններում, որոնք ցեմենտի վառարանում օգտագործվում են որպես հումքային նյութ և/ կամ վառելանյութ:

#### 5.6.6. Պոլիքլորային դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների արտանետումներ

**22. ԼՀՏ-ն դա պոլիքլորային դիբենզոդիօքսիների և դիբենզոֆուրանների արտանետումներից խուսափումը կամ դուրս մղվող վառարանային գազերում դրանք ցածր մակարդակի վրա պահպանումն է՝ հետևյալ տեխնիկական լուծումների առանձին կամ համատեղ կիրառման միջոցով՝**

ա. վառարան սնուցվող նյութերի մանրակրկիտ ընտրություն և դրանց մեջ քլորի, պղնձի և ցնդող օրգանական միացությունների պարունակության վերահսկում,

բ. կլինկերի թրծման համար վառելանյութի մարնակրկիտ ընտրություն և դրանում քլորի և պղնձի պարունակության վերահսկում,

գ. թափոնների օգտագործման սահմանափակում/խուսափում, որոնցում առկա են քլոր պարունակող օրգանական նյութեր,

դ. վառարանային արտագատվող գազերի արագ հովացում մինչև 200 °C-ից ցածր ջերմաստիճանը և 300- 450 °C ջերմաստիճանով գոտիներում գազերի գտնվելու ժամանակահատվածի և թթվածնի պարունակության նվազեցում:

Վերը նշված ԼՀՏ կիրառման դեպքում հնարավոր է հասնել պոլիքլորացված դիբենզոդիօքսիների և ֆուրանների <0,05–0,1 նգ I-TEQ/նմ<sup>3</sup> արտանետումների մակարդակի (տոքսիկության միջազգային համարժեք, նմուշառման միջին ցուցանիշ 6-8 ժամ):

5.6.7 Մետաղների արտանետումներ

**23. ԼՀՏ-ն դա արտանդվող վառարանային գազերից մետաղների արտանետումների նվազեցումն է հետևյալ տեխնիկական լուծումների համատեղ կամ առանձին օգտագործման միջոցով՝**

ա. համապատասխան մետաղների ցածր պարունակությամբ նյութերի ընտրություն և օգտագործվող նյութերում դրանց (հատկապես սնդիկի) պարունակության սահմանափակում,

բ. որակի ապահովման համակարգի կիրառում, որն երաշխավորում է օգտագործվող թափոնների պահանջված բնութագրերը,

գ. փոշու որսման արդյունավետ տեխնիկական լուծումների կիրառում:

Վերը նշված լուծումների կիրառման դեպքում հնարավոր է հասնել մետաղների արտանետման հետևյալ մակարդակների՝

Աղյուսակ 4. ԼՀՏ-ի կիրառման ժամանակ ցեմենտի արտադրությունում վառարաններից մետաղների արտանետման մակարդակները

Մետաղ	Չափողականություն	Նմուշառման ժամանակահատվածի միջին արժեք (կետային չափումներ ամեն կես ժամը մեկ)
Hg	մգ/ նմ <sup>3</sup>	< 0.05
Σ (Cd, TI)	մգ/ նմ <sup>3</sup>	< 0.05
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mg, Ni, V)	մգ/ նմ <sup>3</sup>	< 0.5

**5.7. ԼՀՏ հակիրճ ամփոփում ցեմենտի արդյունաբերության համար**

Նոր և հիմնովին վերակառուցվող հզորությունների համար՝ ներդնել բազմափուլային ջերմափոխանակիչով և դեկարբոնիզատորով չոր եղանակով արտադրման վառարան: Շահագործման կանոնավոր և կարգավորված պայմանների դեպքում, համաձայն ԼՀՏ-ի, այրման համար ջերմության ծախսը տատանվում է 2900-3300 ՄՋ/տոննա կլինկերի սահմաններում:

Փոշու կազմակերպված արտանետումներ՝ ԼՀՏ-ն թույլ է տալիս նվազեցնել կազմակերպված աղբյուրների փոշու արտանետումները մինչև 10 մգ/ նմ<sup>3</sup>: Տվյալ ցուցանիշը պետք է կիրառվի առաջին հերթին փոքր (< 10000 նմ<sup>3</sup>/ժ) արտանետման աղբյուրների համար:

Կլինկերի այրման վառարանի փոշու արտանետումներ՝ ԼՀՏ կիրառման դեպքում արտանետումների միջին օրական արժեքը կազմում է 10 – 20 մգ/նմ<sup>3</sup>: Թևքային գոտիների նոր կամ արդիականացված էլեկտրագոտիչների կիրառման դեպքում հնարավոր է ունենալ փոշու արտանետման ավելի ցածր արժեքներ:

Մանրեցման և հովացման համակարգերի փոշու արտանետումներ՝ ԼՀՏ կիրառման դեպքում արտանետումների միջին օրական մեծությունը կազմում է 10 – 20 մգ/նմ<sup>3</sup> (կետային նմուշառում՝ ամեն կես ժամը մեկ):

Ազոտի օքսիդների (NOx) արտանետումները՝ ԼՀՏ կիրառման դեպքում կարող են լինել՝

- ցիկլոնային ջերմափոխանակիչով վառարան՝ 500 մգ/նմ<sup>3</sup>,
- երկար պտտվող վառարաններ՝ 400-800 մգ/նմ<sup>3</sup>,

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

Օծմբի օքսիդների (SO<sub>x</sub>) արտանետումները (արտահայտված որպես SO<sub>2</sub>)՝ ԼՀՏ կիրառման դեպքում՝ 50- 400 մգ/մ<sup>3</sup>:

Ածխածնի մոնօքսիդի (CO) արտահոսքի նվազեցում՝ CO արտահոսքի հաճախականության նվազեցում և դրանց տևողության պահպանում՝ տարեկան մինչև 30 րոպե:

Քլորաջրածնի (HCl) և ֆտորաջրածնի (HF) արտանետումներ՝

- HCl արտանետումների պահպանումը 10 մգ/ մ<sup>3</sup> –ից ցածր՝ որպես միջին օրական արժեք (նմուշառման ժամանակահատվածի միջին արժեք),
- HF արտանետումների պահպանումը 1մգ/ մ<sup>3</sup>–ից ցածր՝ որպես միջին օրական արժեք (նմուշառման ժամանակահատվածի միջին արժեք):

Մետաղների արտանետումներ՝

- Hg՝ < 0,05 մգ/մ<sup>3</sup>
- Σ (Cd, Tl) - < 0,05 մգ/մ<sup>3</sup>
- Σ(As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mg, Ni, V) - < 0,5 մգ/մ<sup>3</sup>

## **6. ՑԵՄԵՆՏԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐԱՑԻՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ**

### **6.1. Արտանետվող վառարանային գազերի մշակում նատրիումի փոշենման բիկարբոնատով**

Այս մեթոդը նախատեսված է հիմնականում արտանետվող ծխազազերի դետուլֆուրացման համար, վառելիանյութ պարունակող թափոնների, որպես վառելիք օգտագործման ժամանակ: Պրոցեսի բարձր արդյունավետության հասնելու և SO<sub>2</sub> արտանետումների զգալի նվազեցման համար, օգտագործվում է նատրիումի չոր բիկարբոնատ, կախված նատրիում պարունակող թափոնների կազմից և բնութագրից, դրանք հաճախ կարող են կրկնակի օգտագործվել արտադրական պրոցեսում: Սակայն, որոշ դեպքերում նշված թափոնները չեն կարող օգտագործվել, քանի որ կարող են բերել ցեմենտի կազմում նատրիումի բարձր պարունակության:

Օգտագործվող ռեագենտի քիչ քանակության դեպքում, SO<sub>x</sub> արտանետումների զգալի նվազեցում ապահովելու և միևնույն ժամանակ արտազատվող գազերից թափոնների կրկնակի օգտագործում թույլ տալու համար, կարող է օգտագործվել գազերի երկփուլային գտման տեխնոլոգիա:

#### *Գազերի երկփուլային գտում*

Առաջին գոտիչը որսում է փոշին, որը կարող է վերադարձվել տեխնոլոգիական պրոցես, քանի որ չի պարունակում նատրիումի միացություններ: Նատրիումի չոր փոշենման բիկարբոնատի ներարկումը կատարվում է այդ գոտիչից դուրս եկող գազային հոսքում, որտեղ այն փոխազդում է SO<sub>x</sub>-ի , ձևավորելով նատրիումի աղեր, հիմնականում նատրիումի սուլֆատ (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): Մշակված ծխազազերից, այդ փոշենման թափոնները որսվում են երկրորդ՝ սովորաբար թեքային գոտիչով:

#### *Էկոլոգիական առավելությունները*

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

Տվյալ տեխնոլոգիան ապահովում է ծխագազերում SOx արտանետումների բարձր արդյունավետություն և նվազեցման մակարդակ, մինչև ժամանակ չկա թափոնների կոմպրոմիսային ինտեգրալային երկրորդական օգտագործում, քանի որ՝

- ցեմենտում չկա նատրիումի ավելցուկ,
- արտանետվող գազերում SOx չի ավելացվում:

Ի դեպ չեն գոյանում լրացուցիչ թափոններ և չեն օգտագործվում լրացուցիչ բնական ռեսուրսներ:

#### Շրջակա միջավայրի տարբեր բաղադրիչների վրա ազդեցության արդյունքները

Նատրիում պարունակող թափոնները կարող են կրկնակի օգտագործվել միայն սահմանափակ քանակությամբ: Մինչև 2008 թվականը, դա չէր իրագործվում, քանի որ նշված թափոնները ազդում էին ցեմենտի և կլինկերի որակի վրա: Որոշ դեպքերում, կարող են առաջանալ SOx լրացուցիչ արտանետումներ, որի պատճառ է հանդիսանում նատրիումի և կալցիումի սուլֆատների վերաշրջանառությունը:

Լրացուցիչ բնական ռեսուրսները չեն օգտագործվում, քանի որ NaHCO<sub>3</sub>-ի ռեազենտ կա կալցինացված սողայի գործարանում:

### **6.2. Վառելանյութի փուլային այրման և ազոտի օքսիդի վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ տեխնոլոգիաների համատեղում**

Տեսականորեն վառելանյութի փուլային այրման և ազոտի օքսիդի վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ տեխնոլոգիաների միավորումը իր արդյունավետությամբ կարող է համեմատվել ազոտի օքսիդի վերականգնման կատալիտիկ տեխնոլոգիայի հետ: Ազոտի օքսիդի արտանետումների նվազեցման տվյալ ուղղությունը համարվում է բավականին խոստումնալից:

### **6.3 Եռացող շերտում ցեմենտի արտադրության տեխնոլոգիա**

Եռացող շերտում պորտլանդցեմենտային կլինկերի թրծման տեխնոլոգիաները մշակվում են ճապոնիայում՝ արտաքին առևտրի և արդյունաբերության նախարարության աջակցությամբ, սկսած 1986 թվականից: Օրական 20 տոննա կլինկերի արտադրողականությամբ պիլոտային գործարանը, 6 տարի՝ 1989-1995 թվականներին, գործում էր ճապոնիայի Սումիտոմո Օսակա Տոշիգի ցեմենտի գործարանում: Օրական 200 տ արտադրողականությամբ պիլոտային գործարանը կառուցվել է 1995 թվականի վերջում: Ետվառարանային ջերմափոխանակիչը բաղկացած է սովորական քառաստիճան ցիկլոնային ջերմափոխանակիչից, որը տաքացնում և դեկարբոնացնում է հումքային խառնուրդը: Հատիկավորման վառարանը 1300 °C ջերմաստիճանում հատիկավորում է հումքային խառնուրդը հատիկների 1,5-2,5 մմ չափի տեսքով: Թրծման վառարանում 1400 °C ի պայմաններում ավարտին է հասցվում կլինկերի թրծումը և հատիկավորումը: Արագ սառեցման սարքավորումում կլինկերը սառեցվում է 1400-ից մինչև 1000 °C: Կլինկերի վերջնական սառեցումը մինչև 100 °C տեղի է ունենում խիտ շերտով սառնարանում:

*Հավազույն հասանելի տեխնոլոգիաներից բխող արտանետումների քանակների և ընտրված բնագավառների համար արտանետումների սահմանային չափաքանակների մշակում*

Եռացող շերտով վառարանում ստացվող կլիմայի քիմիկատները իր որակով նման է և նույնիսկ գերազանցում է սովորական վառարանում ստացվող կլիմայի քիմիկատին:

Համաձայն կատարված հետազոտությունների, օրական 3000 տոննա կլիմայի քիմիկատ արտադրողականությամբ գործարանի համար ջերմության օգտագործումը կարող է նվազել 10-12 %-ով:

Եռացող շերտի տեխնոլոգիայի զարգացման գլխավոր նպատակը (20 տ արտադրողականությամբ պլիլոտային վառարանների փորձարկման արդյունքների հիման վրա օրական 3000տ արտադրողականությամբ վառարանի համար նախնական գնահատման համաձայն) հետևյալն է՝

- Թրծման համար ջերմության օգտագործման նվազեցում 10-12 %-ով,
- CO<sub>2</sub> արտանետումների մակարդակի նվազեցում 10-12 %-ով,
- NO<sub>x</sub> արտանետման մակարդակի նվազեցում մինչև 380 մգ/մ<sup>3</sup> և ավելի ցածր,
- SO<sub>x</sub> արտանետումների ընթացիկ մակարդակի պահպանում,
- Շինարարության ծախսի նվազեցում 30 %-ով,
- Կառուցման տարածքի կրճատում 30 %-ով: