

Latvijas kvarca smiltis stikla ražošanai

Janina Setina, Riga Technical University, Vasilis Akishins, JSC Valmieras Stikla Skiedra

Kopsavilkums. Latvijas teritorijā relatīvi plaši izplatīta minerālā izejviela ir smiltis. Rakstā dots pārskats par Latvijas devona (Bāles atradne) un juras perioda (Skudru atradne) kvarca smilšu ķīmisko un granulometrisku sastāvu. Latvijas kvarca smiltis salīdzinātas ar Baltijas reģiona atradnēm un atzīmēta iespēja tās izmantot stikla ražošanai. Parādīta nepieciešamība Latvijas smilšu attīrīšanai – granulometriskai un ķīmiskai sastāva uzlabošanai. Aprakstītas galvenās kvarca smilšu bagātināšanas metodes un prasības bagātināšanas rūpnīcām.

Atslēgas vārdi: kvarca smiltis, ķīmiskais sastāvs, granulometrija, bagātināšana.

I. IEVADS

Latvijas teritorijā smiltis ir plaši izplatīta minerālā izejviela. Smiltis nogulumi aizņem apmēram vienu trešdaļu no republikas platības. Par smiltīm sauc iršanu minerālgraudiņu sakopojumu ar vairāk vai mazāk noslīpētu virsmu un graudiņu caurmēru no 0,05 līdz 2-3 mm. Smiltis ir radušās, kvarcu saturošiem magmatiskiem iežiem, galvenokārt granītiem un gneisiem, sairstot fizikāli mehānisku procesu ietekmē. Smiltis var klasificēt, vadoties no dažādiem viedokļiem: 1) pēc ģeoloģiskās izcelšanās, 2) pēc mineraloģiskā un ķīmiskā sastāva, 3) izmantošanas iespējām.

Latvijas smiltis pēc ģeoloģiskās izcelšanās var iedalīt: kvartāra, juras un devona perioda smiltīs. Latvijā smiltis visvairāk ir izplatītas kvartāra nogulumos, un to krājumi praktiski ir neierobežoti, taču daudzas no atradnēm iegul lielā dziļumā un šajās smiltīs ir augsts krāsojošo oksīdu – dzelzs oksīda un titāna dioksīda saturs, kas ierobežo to izmantošanu [1,2].

Par kvarca smiltīm parasti sauc smiltis, kuros kvarca saturs nav zemāks par 90-99 %, šīs smiltis parasti lieto stikla ražošanai. Pēc minerālā sastāva kvarca smiltīm pilnībā atbilst tikai juras perioda smiltis, kamēr devona un kvartāra baltās smiltis vairumā gadījumu ir oligomiktas, jo satur arī laukšpatus un vizlas.

Devona kvarca smiltis iegul līdz 600 m biezā smilšaini mālainā slāņkopā un tiek visplašāk izmantotas. Neskatoties uz bagātiem smilšu krājumiem, šodien to izmantošana ir visai ierobežota. Latvijas derīgo minerālo izejvielu īpatnība un daudzos gadījumos trūkums ir augsts krāsojošo dzelzs, titāna, hroma oksīdu piemaisījums. Smiltīm, kuras paredzēts izmantot celtniecības nozarē (betona ražošanai, ceļu būvē, sauso maisījumu izgatavošanai utt.) un metalurģijai (metāllietuves veidņu izgatavošanai) galvenā prasība ir noteikts granulometriskais sastāvs. Smiltīm, kuras paredzētas šiem mērķiem, ķīmiskais sastāvs ir mazāk svarīgs, tādēļ Latvijas kvalitatīvo smilšu atradnes ($\text{SiO}_2 < 98\%$) pēc sava ķīmiskā sastāva ir derīgas celtniecības nozarei. Līdz ar to šīm smiltīm ir nepieciešama tikai klasificēšana (visbiežāk to veic ar vibrosietu palīdzību), bet dažiem mērķiem (piemēram, sauso maisījumu izgatavošanai) arī malšana un žāvēšana.

Smiltīm, kuras izmanto stikla un keramikas rūpniecībā, ir krietni augstākas prasības, gan attiecībā uz granulometrisku gan ķīmisko sastāvu, tādēļ, lai iegūtu prasībām atbilstošu izejvielu, ir nepieciešams pielietot dažādas attīrīšanas un bagātināšanas metodes.

Smiltis un grants patēriņa līmeni var uzskatīt par saimnieciskās rosības rādītāju, taču mums nav nepieciešamo datu, lai izvērtētu šo aspektu un salīdzinātu ar kaimiņvalstīm [3-5].

Latvijas kvarca smilšu atradņu apzināšanai un analīzei pēc granulometriskā un ķīmiskā sastāva pamatmērķis ir izstrādāt un piedāvāt tehnoloģiskos risinājumus smilšu sastāva optimizēšanai, kas ļautu tās izmantot ražotnēs ar šodienas augstajām prasībām.

II. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA UN DISKUSIJA

2.1. Kvarca smilšu raksturojums un atbilstība rūpniecības prasībām.

Latvijā perspektīvas stikla ražošanai ir devona perioda kvarca smiltis Vidzemē un juras perioda smiltis Kurzemē.

Vidzemē devona perioda izpētītākās un iepriekšējos gadus plašāk izmantojamās ir Bāles atradnes smiltis. Šajā reģionā atrodas arī Bērziņu un Cīruļu atradnes veidņu smilšu minerālā izejviela – vāji sacementētais smilšakmens, kas, to iegūstot, pārvēršas smiltīs. Veiktā ķīmiskā analīze parādīja, ka šo atradņu smiltis raksturo augsts SiO_2 saturs - līdz 98%, bet granulometrijā dominē 0,1-0,5 mm frakcija, 1.2. tabula, 1. attēls.

1. TABULA

BĀLES UN SKUDRU ATRADŅU SMILŠU ĶĪMISKAIS SASTĀVS, MAS. %

Komponentes	Bāles atradne.	Skudras atradne.	Rudbārži „Pīlādži”
Kars. zud. 400°C	0,50 ± 0,05	0,60 ± 0,05	0,05
Kars. zud. 1000°C	0,30 ± 0,05	0,27 ± 0,05	0,05
SiO_2	98,2 ± 0,05	98,6 ± 0,05	98,7 ± 0,05
CaO	0,08 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,09 ± 0,01
MgO	0,05 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,10 ± 0,03
K_2O	0,15 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Na_2O	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Al_2O_3	0,64 ± 0,02	0,52 ± 0,02	0,73 ± 0,02
Fe_2O_3	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,18 ± 0,02
TiO_2	0,07 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,18 ± 0,01

Rentgenfāzu analīze (Rigaku X-Ray difraktometrs Ultima⁺, izmantojot filtrētu Cu katoda k_α starojumu) parādīja, ka vienīgā kristāliskā fāze visām augsta SiO_2 satura smiltīm, t. i., Bāles, Skudras, kā arī zemāk apskatītajā Pīlādžu atradnē ir kvarcs, citi kristāliskie piemaisījumi rentgenogrāfiski nav konstatēti.

Smilšu granulometriskā sastāva noteikšanai izmantota vibrācijas sieta iekārta „Analysette”.

2.TABULA

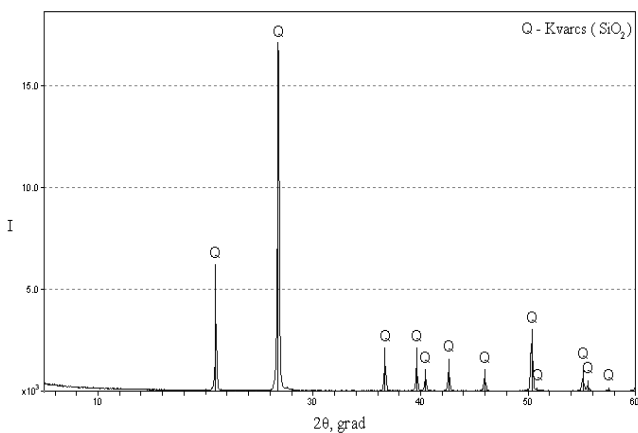
BĀLES UN SKUDRU ATRADŅU SMILŠU GRANULOMETRISKAIS SASTĀVS, MAS. %

Graudu izmērs, mm	Bāles atradne	Skudru atradne
> 1mm	0,85	0,48
0,71 - 1	1,46	1,57
0,5 – 0,71	6,50	14,75
0,355 – 0,5	15,78	46,92
0,25 – 0,355	30,21	16,46
0,18 – 0,355	36,06	12,20
0,125 – 0,18	6,74	4,93
0,09 – 0,125	1,73	1,80
0,063 – 0,09	0,42	0,61
< 0,063	0,25	0,28

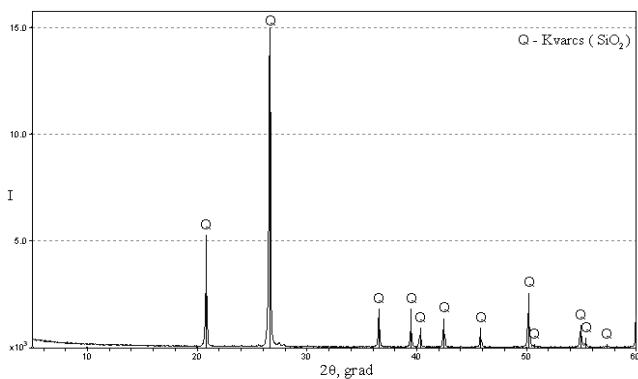
3. TABULA

„PĪLĀDŽU” ATRADNES SMILŠU GRANULOMETRISKAIS SASTĀVS, MAS. %

Frakcijas mm	Dziļums 3-4 m	Dziļums 6-7 m	Dziļ. 9-10 m	Dziļums 12-13 m	Dziļums, 18-19 m
> 0,71	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
0,71	0,1	0,1	0,15	0,15	0,1
0,500	9-10	10-12	10	8-9	9-9,5
0,355	42-45	43-46	50-51	43-45	42-50
0,250	24-26	22-30	20-21	28-29	18-32
0,180	10-12	7-10	9-10	9-10	11-12
0,125	5-6	6-7	7-8	7-8	6-9
0,090	1,5-2	0,5-2	1-1,5	2-2,5	2-4
0,063	0,5-2	1-1,2	0,3-1	1,8-2	0,5-2
< 0,063	0,2-0,5	0,8-1	0,3	0,3	0,8



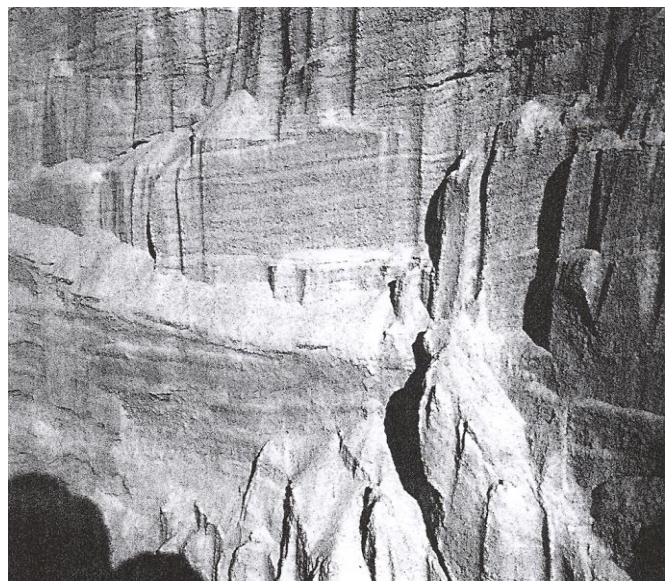
1.att. Bāles atradnes smilšu difraktogramma. Kristāliskā fāze – kvarcs.



2.att. Skudru atradnes smilšu difraktogramma. Kristāliskā fāze - kvarcs.

Pēdējo gadu plašākās izpētes veiktas Dienvidkurzemē, atradnē „Pīlādži”, šeit atrodas 25 m biezas kvarca smilšu iegulas ar nelielu segkārtas biezumu. Smilšu ķīmiskā analīze un granulometriskā analīze veikta pēc 1-2 m segkārtas noņemšanas. Atradnes smiltis raksturo augsts kvarca saturs, kā arī frakciju izmēra stabilitāte dažādā dziļumā, 3.tabula.

Ģeoloģiskās izpētes, kas veiktas pagājušā gadsimta vidū, kā arī pēdējo gadu Kurzemes juras perioda smilšu izpēte parāda, ka vairākas Latvijas smilšu atradnes raksturo augsts SiO_2 saturs, kas pat dažreiz ir augstāks kā šodien Eiropā izmantojamo smilšu atradņu SiO_2 saturs.



3.att. Juras perioda Skudru atradnes smilšu atsegums.

Svarīgs rādītājs smilšu atradņu novērtējumā ir to granulometriskais sastāvs. Minerālo izejvielu granulometrija tiek novērtēta pēc divām skalām – Alberta Atterberga izveidotās, kas tiek citēta starptautiskajā literatūrā un W.C. Krumbeina logaritmiskās skalas [6,7]. Kā smiltis tiek klasificētas daļiņas, kuru izmērs ir robežās no 2 mm līdz 125 μm . Pēc A.Atterberga skalas smiltis tiek iedalītas 3 kategorijās: rupjā frakcija 0,6 – 2 mm, vidējā frakcija 0,2 – 0,6 mm, smalkā frakcija 0,06 – 0,2 mm; smalkākas frakcijas ir nogulas ar daļiņu izmēru 0,02 – 0,006 mm. Kā redzams no augstāk uzrādītajiem datiem, Latvijas smiltis gan devona perioda Vidzemes apgabalā, gan juras perioda Kurzemes apgabalā pieder pie vidējās un smalkās frakcijas, kas norāda uz šo atradņu augsto kvalitāti gan no ķīmiskā, gan granulometriskā sastāva viedokļa. Kvalitātes svarīgs rādītājs ir ķīmiskā un granulometriskā sastāva viendabīgums dažādā dziļumā.

Latvijas kvarca smilšu izmantošana tautsaimniecībā ir atkarīga no rūpniecības nozares un pielietojanas veida, no atradnes, respektīvi, no kvarca smilšu tīrības, ķīmiskā un

granulometriskā sastāva, kā arī, kā rāda prakse, no smilšu graudiņu formas.

Lai izmantotu smiltis stikla ražošanai no labākajām Baltijas valstu, kā arī Latvijas atradnēm, ir nepieciešama to kompleksa bagātināšana. Visam reģionam ir raksturīgs augsts krāsojošo oksīdu piemaisījums, neattīrītām smiltīm Fe_2O_3 saturs ir virs 0,08%, bet Al_2O_3 saturs (tas parasti norāda uz mālu piemaisījumiem) ir 1,5 – 3 %, pie tam šie rādītāji ir ļoti svārstīgi, kas nav pieņemams stikla rūpniecībai [8-11].

Baltijas reģionā, neskatoties uz nepieciešamību un pieprasījumu pēc attīrītām smiltīm, pašreiz ir tikai divas bagātināšanas rūpnīcas: Lietuvā (pie Anikščiu atradnes - 60 km uz dienvidaustrumiem no Panevėžas), kur ir moderna flotācijas iekārta, kurā neizmanto ķīmiskās vielas, kā arī elektromagnētiskā separācija, žāvēšana, sijāšana un malšana. Šī atradne ir galvenais smilšu piegādātājs Baltijas valstu stikla ražotājiem, tai skaitā arī AS „Valmieras stikla šķiedra” rūpnīcai. Otra bagātināšanas rūpnīca ir Igaunijā (pie Tabinas atradnes – 90 km no Valgas), kur ir flotācija, žāvēšana un sijāšana.

Smilšu granulometriskais sastāvs. Smiltīm, kuras paredzēts izmantot celtniecības nozarē (betona ražošanai, ceļu būvei, sauso maisījumu izgatavošanai utt.) un metalurģijai (metālliešanas veidņu izgatavošanai) galvenā prasība ir noteikts granulometriskais sastāvs. Smiltīm, kuras paredzētas šiem mērķiem, ķīmiskais sastāvs ir mazāk svarīgs, tādēļ Latvijas kvalitatīvo smilšu atradnes ($\text{SiO}_2 < 98\%$) pēc sava ķīmiskā sastāva ir derīgas celtniecības nozarei [12,13]. Līdz ar to šīm smiltīm ir nepieciešama tikai klasificēšana (visbiežāk to veic ar vibrosietu palīdzību), bet dažiem mērķiem (piemēram, sauso maisījumu izgatavošanai) arī malšana un žāvēšana.

Smiltīm, kuras izmanto stikla un keramikas rūpniecībā, ir krietni augstākas prasības, gan attiecībā uz granulometriju, gan ķīmisko sastāvu, tādēļ, lai iegūtu prasībām atbilstošu izejvielu, ir nepieciešams pielietot dažādas bagātināšanas metodes.

Mūsdienu rūpnieciskās tehnoloģijas izvirza stingras prasības katrai smilšu markai – tai jābūt ar noteiktu granulometrisko sastāvu, ķīmisko sastāvu, kā arī pēc iespējas ar vienādu graudiņu formu un pat dažos gadījumos ar vienādām termiskām īpašībām (tas ir ļoti svarīgi smiltīm).

Atkarībā no smiltīm izvirzītām prasībām, bagātināšanai ir dažādi mērķi un veidi, kā tos realizēt: nepieciešamā granulometriskā sastāva iegūšana ar klasificēšanu/sijāšanu, dažreiz arī ar malšanas palīdzību. Jāatzīmē, ka prasības granulometriskajam sastāvam var ļoti atšķirties atkarībā no stikla ražošanas tehnoloģijas un rūpnīcas – jo modernākas un intensīvākas tehnoloģijas izmanto, jo stingrākas prasības ir izejvielām [14-16].

Stikla kausēšanas krāsnīm ar nelielu īpatnējo stikla nosmēlumu (līdz 400 kg/m² diennaktī) var izmantot smiltis ar graudiņu izmēru līdz 1,0 mm – tāda stikla kausēšanas krāsns bija Rīgā SIA „Grīziņkalns” (gaismas ķermeņu ražošanai) un Ilūciema rūpnīcā (vecā vannas krāsns krāsaino pudeļu ražošanai).

Šajās krāsnīs stikla kausēšana notika lēni un lielie smilšu graudiņi paspēja izšķīst stikla masā. Krāsnīm ar lielāku nosmēlumu – līdz 800 – 1200 kg/m² diennaktī (atkarībā no stikla veida, respektīvi, no kausēšanas temperatūras) prasības granulometrijai ir stingrākas – maksimālais graudiņu izmērs

0,4 mm. Latvijā tādas vannas krāsns bija Rīgā Ilūciema rūpnīcā (pēc vācu projekta uzbūvētā vannas krāsns bezkrāsainās stikla taras ražošanai) un AS „Valmieras stikla šķiedra” – stikla lodīšu krāsns.

Mūsdienu ekonomiskie apstākļi un konkurences paaugstināšanās tirgū prasa intensificēt stikla kausēšanu, pielietojot vairākus paņēmienus (skābekļa pielietošana kurināmā sadegšanai, burbuļošanas vai maisīšanas izmantošana, labāko izejvielu izmantošana, moderno dārgo ugunsturīgo materiālu izmantošana, papildus elektriskās apkures pielietošana u.c.) [15,16].

Viens no efektīvākajiem stikla kausēšanas intensificēšanas paņēmieniem ir šihtas izgatavošanai pielietot smalkākas izejvielas (pirmkārt, smilti, kā grūti kūstošu izejvielu). Pēdējos divdesmit gados stikla kausēšanai aizvien plašāk pielieto sijātās vai maltās smiltis, jo tas kopā ar citiem tehnoloģiskiem paņēmieniem atļauj stipri palielināt nosmēlumu, attiecīgi samazinot arī pašizmaksu. Stikla masas nosmēlums pudeļu un lokšņu stiklam (izmantojot sijātās smiltis) palielinās līdz 2500 kg/m² diennaktī, stikla šķiedras ražošanas gadījumā – līdz 1800 kg/m² diennaktī. Tādos gadījumos parādās ne tikai ekonomiskais, bet arī ekoloģiskais efekts, jo vienas produkcijas vienības ražošanai nepieciešams iztērēt mazāk enerģijas, līdz ar to samazinās arī dūmgāzes emisijas daudzums. Attīstītajās rietumu valstīs un jaunās Ķīnas ražotnēs vairāk kā 40% stikla kausēšanas krāsnīs pielieto smalkās sijātās smiltis pat *super* smalkas smiltis (AVIC Sanxin Co., Ltd, Ķīna).

Latvijā pašreiz bagātinātās smalkās maltās smiltis izmanto AS „Valmieras stikla šķiedra” vienstadijas ražotnē. Smilšu malšanu var veikt ar dažādiem paņēmieniem, bet visizdevīgākā no tām ir nepārtrauktā sauso smilšu malšana rotējošās cilindriskās dzirnavās. Pēc malšanas obligāti jābūt separatoram, kas nodrošina malto smilšu stabilu granulometrisko sastāvu un atgriež nesasmalcinātās daļiņas atpakaļ dzirnavās. Pašreiz ir pieejami dažādu firmu vairāki separatoru veidi, bet darbības princips ir viens – smago daļiņu atdalīšana centrālās spēku darbības rezultātā. Dažreiz papildus izmanto arī vibrējošo kontrolietu ar 0,2 vai 0,25 mm actiņu diametru. Šāda veida siets ir uzstādīts Kimito, Sibelco, Somijā [17].

Smilšu bagātināšanas rūpnīcas projektētājiem jāņem vērā arī fakts, ka malto smilšu ķīmiskais sastāvs parasti nedaudz atšķiras no sākotnējām smiltīm, jo malšanas ķermeņu (no uralīta vai citas keramikas, dažreiz arī dzelzs) nodiluma rezultātā parasti par 0,1 – 0,2% palielinās alumīnija oksīda (vai, attiecīgi, dzelzs) saturs. Malšanas ķermeņu izgatavošana no izturīgākiem materiāliem (pirmkārt, no metāliem) stikla rūpniecībā izmantojamām smiltīm nav ieteicama, jo tādā gadījumā materiālā var pieaugt Fe, Mn, Cr, Ni utt. saturs, kas var izraisīt stikla īpašību izmaiņas, vai arī jāinvestē papildus attīrīšanas iekārtās.

Izvēloties smilšu bagātināšanas jeb attīrīšanas paņēmienus, nepieciešams noteikt krāsojošo savienojumu raksturu un strukturālo saistību ar pamatgraudiņu – vai tie ir kā piemaisījumi uz virsmas vai veido smilšu grauda struktūru. Tāpat jānosaka smalko daļiņu sastāvs, kas galvenokārt ir māla vai vizlas daļiņas.

Atbilstoši iepriekš veiktai izpētei izvēlas bagātināšanas metodes, kur vienlaicīgi tiek atdalīti nevēlamie piemaisījumi

un paaugstināts SiO_2 saturs. Piedāvāto metožu klāsts ir plašs, piemēram, elektromagnētiskā separācija, flotācija (mazgāšana ar vai bez reaģentu pielietošanas), mazgāšana ūdenī bez reaģentiem (lai atdalītu mālaino frakciju un vizlu), speciālo kolonnu izmantošana dzelzi saturošo savienojumu noberšanai utt. [18,19].

Jāatzīmē, ka atkarībā no produkta prasībām un sākotnējo smilšu tīrības šīs metodes var pielietot atsevišķi vai dažādās kombinācijās.

Viszemākās prasības attiecībā uz krāsojošo savienojumu piemaisījumiem ir tumšās pudeles ražojošiem uzņēmumiem. Fe_2O_3 saturs smiltīs var sasniegt pat 0,1 – 0,2%. Latvijas Bāles atradnes smiltis apmierina tādas prasības bez bagātināšanas.

Stikla vates un šķidrā stikla ražotāji pieļauj Fe_2O_3 klātbūtni robežās līdz 0,08 – 0,1%.

Lielāko tiesu dažādu stikla izstrādājumu ražotāji prasa un izmanto kvarca smiltis ar daudz zemāku krāsaino oksīdu piemaisījumu. Piemēram, nepārtrauktas stikla šķiedras, stikla profilīta, stiegrotā stikla, stikla bloku un dažādu bezkrāsainās stikla taras un dažādu lokšņu stikla veidu ražošanai maksimāli pieļaujamais Fe_2O_3 saturs – 0,04 – 0,06% (atkarībā no vannas krāsns konstrukcijas un produkta pielietošanas veida). Kvalitatīvai bezkrāsainai stikla tarai, float lokšņu stiklam (kuru izmanto ne tikai celtniecībā, bet arī automobiļu rūpniecībā), kā arī porcelāna ražošanai lietotām smiltīm dzelzs oksīda saturs nedrīkst pārsniegt 0,02 – 0,03 mas.%. Dažos gadījumos prasības ir vēl stingrākas, piemēram, gaismas ķermeņu ražošanai maksimāli atļautais Fe_2O_3 saturs smiltīs 0,015 – 0,02 mas.%. Pie tam stikla rūpniecībā izmantotām izejvielām ir svarīgs ne tikai piemaisījumu daudzums, bet arī kopējā ķīmiskā sastāva stabilitāte, jo tā svārstības traucē homogēnas stikla masas izveidošanai, vai izraisa viskozitātes izmaiņas, defektu parādīšanos stikla izstrādājumos un tehnoloģijas traucējumus.

Kvarca smiltīm prasības attiecībā uz Al_2O_3 piemaisījumu daudzumu nav tik stingras, bet smilšu bagātināšanas procesā vienlaicīgi ar Fe_2O_3 satura samazināšanos pazeminās arī alumīnija oksīda saturs. Svarīgākais stikla rūpniecībā – ķīmiskā sastāva stabilitāte – noteikts Al_2O_3 un citu piemaisījumu saturs.

Jāatzīmē, ka samazinot Fe_2O_3 un pārējo krāsojošo oksīdu saturu izejvielās, stikla kausēšanas procesā samazinās kurināmā patēriņš, jo Fe_2O_3 un pārējie krāsojošie oksīdi pasliktina stikla caurlaidību infrasarkanajā spektrā, līdz ar to arī siltuma atdevi no vannas krāsns gāzu telpas stikla masas dziļumā. Zināms, ka ar Fe_2O_3 satura palielināšanu stiklā par 0,1% stikla masas temperatūra vannas krāsns baseinā krītas par 3 – 8°C uz katriem 10 cm stikla līmeņa (piemēram, ja baseina dziļums ir 80 cm, tad temperatūra baseina grīdā var samazināties par 24 – 64°C, atkarībā no $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{\text{kop}}$ satura stiklā). Tāpēc, lai saglabātu temperatūru baseina grīdā, stipri jāpalielina kurināmā (dabasgāzes, mazuta, krāšņu kurināmā utt.) patēriņš.

2.2. Galvenās kvarca smilšu bagātināšanas metodes un prasības bagātināšanas rūpnīcām

Mūsdienīgas smilšu bagātināšanas rūpnīcas ir gandrīz pilnīgi automatizētas ražotnes, kuras apkalpo kvalificēts personāls un kuras ražo vairākus simtus tonnu bagātināto smilšu katru dienu. Tās ir dabai nekaitīgas ražotnes ar

spēcīgiem gaisa filtriem un attīrīšanas sistēmām, kas ir dabai draudzīgas un nodrošina nekaitīgus darba apstākļus. Smilšu bagātināšanas uzņēmumi piedāvā pilnu tehnoloģisko ciklu un attiecīgas iekārtas [20-25].

Viens no bagātināšanas rūpnīcas efektīvas funkcionēšanas nosacījumiem ir tās atrašanās vieta – tai jābūt maksimāli tuvu atradnei. Rūpnīcai jābūt nodrošinātai ar visām nepieciešamajām komunikācijām (tā ir elektrība, dabasgāze, ūdens utt.) un attīrīšanas iekārtām. Visefektīvāk ražotne var funkcionēt, strādājot 24 stundas diennaktī.

Smilšu bagātināšanas metodes var iedalīt vairākās grupās

1. Granulometriskā bagātināšana:
 - a) ar sijāšanas palīdzību;
 - b) gravimetriskā klasificēšana -
 - ar speciālo spirālveida kolonnu palīdzību (mainās ķīmiskais sastāvs);
 - pneimatiskā klasificēšana (mainās ķīmiskais sastāvs);
 - gravimetriskā klasificēšana ūdens strūklā (mainās ķīmiskais sastāvs);
 - c) malšana.
2. Ķīmiskā sastāva uzlabošana – bagātināšana:
 - a) flotācija ar speciālo reaģentu (virsmas aktīvās vielas, piemēram, šķidrās ziepes) palīdzību un bez tiem – tikai ar ūdeni;
 - b) dažādu speciālo separatoru un spirālveida kolonnu izmantošana, kur atdalās (nobirst) nevēlamie piemaisījumi (notiek granulometriskā sastāva izmaiņas);
 - c) elektromagnētiskā separācija.
3. Produktu sagatavošana un piegāde
 - a) žāvēšana
 - b) iepakojšana un transports
 - c) klientu speciālo prasību izpilde - malšana.

2.2.1. Granulometriskā bagātināšana

Sijāšana

Sijāšanu var veikt gan sausam, gan mitram izejmateriālam. Visbiežāk bagātināšanas rūpnīcās veic primāro rupjo sijāšanu ar mitro paņēmienu, ar kuras palīdzību atdala akmeņus un svešķermeņus ar diametru virs 1,5 – 5 mm. Gatavā produkta šķirošanu pa frakcijām veic jau sausam materiālam uz sietiem ar acu izmēru 0,2 – 1,0 mm. Sijāšanas mašīnu darbības princips no materiāla mitruma būtiski nav atkarīgs. Tādās mašīnās izmanto gan vibrāciju, gan speciālas kustīgās birstes, kuras izgatavo no metāliskas stieples. Nepieciešamības gadījumā kopā ar vibrācijas mehānismu uzstāda arī birstes (4. attēls).

Sijāšanas mašīnu izmantošana ļauj sašķirot materiālu vairākās nepieciešamās frakcijās. Tomēr parasti bagātināšanas rūpnīcā patērētāju grupas sagrupētas tā, lai ražotu tikai 3 – 4 smilšu frakcijas, jo tas atvieglo darba organizēšanu un tā vieglāk ir panākt kvalitatīva produkta ražošanu.

Sijāšanas mašīnas var iedalīt atkarībā no ražības, sietu izvietojuma (slīpa, taisna, ekscentriskā) un sietu kustības virziena. Lielāko sijāšanas mašīnu ražība ir ap 2 000 t/stundā. Atkarībā no prasībām sieti var būt iebūvēti mašīnā atvērtā veidā (pamatā – mitrai sijāšanai) vai hermētiski atdalīti no telpas, kurā mašīna uzstādīta [17].

Sietu mašīnas (kā arī visas pārējās bagātināšanas iekārtas) var būt stacionāras un mobilas (retāk sastopams). Mobilu iekārtu priekšrocības – elastīgums, tās var uzstādīt tieši atradnē, bet trūkumus – zemāka ražība un sarežģītāka apkalpošana.

Kā austo sietu materiālu izmanto nerūsējošo tēraudu, speciālus tērauda veidus (galvanizētu, hromētu, pārklātu ar polimēriem, niķelētu), gan, retāk, citus materiālus (Al, Ni, bronzu, Cu, Ti). Sietu actiņu izmēri ir standartizēti un ir robežās no 0,2 līdz 1,5 – 5 mm. Smalkāko sietu izmantošana rūpnieciskos apstākļos nav racionāla, jo tie bieži jāfīra, tiem ir zema mehāniskā stiprība un ražība (ne vairāk par 200 kg/stundā no sietu kvadrātmetra). Visizplatītākie sietu actiņu izmēri ir 0,315; 0,4; 0,6; 0,8 un 1;0 mm. Sijāšanas vibrācijas mašīna parādīta 4.attēlā.



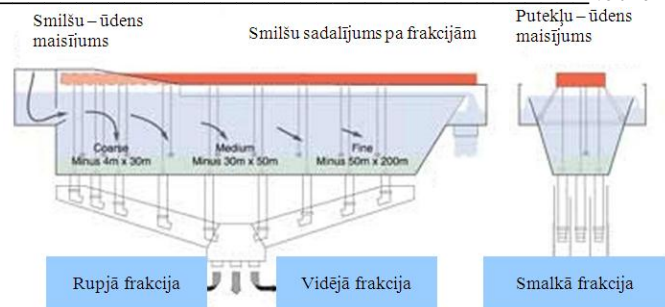
4. att. Sijāšanas vibrācijas mašīna ar slīpi uzstādītiem sietiem.

Gravimetriskā klasificēšana

Pamatojoties uz konkrētas atradnes smilšu granulometriskām un ķīmiskām analīzēm, gan smilšu sadalījumu pa frakcijām, gan ķīmiskā sastāva regulēšanu var veikt ar gravimetriskās klasificēšanas palīdzību. Tās principiālā shēma nemainās atkarībā no paņēmiena, ar kuru tiek nodrošināšana smilšu klasificēšana – gravitācijas iedarbības rezultātā sākumā atdalās smilšu smagākās daļiņas, pēc tam – vidējās, vieglākās utt. Līdz ar šķirošanu pēc granulometriskā sastāva mainās arī katras frakcijas ķīmiskais sastāvs. Eksistē trīs šo klasifikatoru pamatveidi – 1) ar ūdens plūsmu, 2) ar gaisu, 3) klasificēšana speciālajās spirālveida kolonnās.

Principiālā shēma klasificēšanas iekārtai, kurā strādā ar ūdens plūsmas palīdzību, parādīta 5. attēlā.

Katram no augstāk minētajiem klasificēšanas paņēmieniem ir savi trūkumi un priekšrocības.



5.att. Smilšu klasificēšana ar ūdens plūsmas palīdzību.

- 1) Galvenās priekšrocības klasificēšanai ar ūdens palīdzību – samērā liela šķirošanas precizitāte, iespēja savienot to ar smilšu mazgāšanu vai pat, pielietojot reaģentus, ar flotāciju. Turklāt ar iekārtas garuma palielināšanu iespējams iegūt vairākus produkta veidus (pat līdz 5 – 6 šķirnēm). Kā galveno trūkumu var atzīmēt iekārtas lielos izmērus (līdz pat 200 – 300 m garas), kā arī nepieciešamību attīrīt izveidojošās duļķes.
- 2) Pneimatisko klasificēšanu veic tikai sausam, izžāvētam materiālam. Šīs metodes galvenās priekšrocības ir augstā sadalīšanas precizitāte, plašs klasificēšanas diapazons, kā arī iespēja izvēlēties iekārtu ar nepieciešamo ražību (no dažiem kilogramiem līdz pat dažiem simtiem tonnu stundā). Jāatzīmē arī zemais enerģijas patēriņš (ap 1–2 kW/t) un nelielie izmēri. Piemēram, 20 t/st jaudīgā klasifikatora izmēri ir 2×0,4×1,5 m. Tādi klasifikatori ir īpaši efektīvi, ja smilšu graudiņi ir zem 1 mm.
- 3) Pneimatiskās klasificēšanas iekārtas strādā galvenokārt ar retinājumu, kuru nodrošina ventilatori. Tādēļ putekļu daudzums darba zonā parasti nepārsniedz pieļaujamās vērtības. Dažreiz, lai iegūtu labāku rezultātu, pneimatisko klasificēšanu veic divos vai trijos paņēmienos (kaskādes iekārtas). Kā negatīvu momentu var minēt spēcīgas gaisa attīrīšanas sistēmas (izmantojot ciklonus, kabatas filtrus) nepieciešamību.

Galvenā priekšrocība spirālveida klasifikatoriem, kur smiltis pa speciālām spirāļu caurulēm tiek padotas uz leju un kustības laikā noteikta lieluma daļiņas atbirst, ir salīdzinoši mazs laukums, kas nepieciešams iekārtas uzstādīšanai, kā arī iespēja būtiski samazināt Fe_2O_3 saturu smiltīs. Šim paņēmienam nav nepieciešami ne spēcīgi putekļu filtri, ne ūdens attīrīšanas iekārtas, bet klasificēšana jāveic sausam izžāvētam materiālam.

Kā trūkumu var minēt salīdzinoši lielu nepieciešamo iekārtu augstumu (8 – 40 m, atkarībā no smilšu kvalitātes un papildus aprīkojuma), kā arī to, ka tāda tehnoloģija nav derīga visām atradnēm. Salīdzinot ar ūdens paņēmieni, spirālveida klasifikatorā vienlaicīgi nenotiek smilšu mazgāšana. Kā būtisku trūkumu var atzīmēt arī to, ka, salīdzinot ar divām pirmajām metodēm, produktu regulēšanas iespējas ir stipri ierobežotas – mainot ūdens vai gaisa padeves ātrumu, to var izdarīt vieglāk un efektīvāk, nekā ar vienkāršu smilšu padeves regulēšanu.



6. att. Elektromagnētiskā konveijera piemērs.

Parasti visas klasificēšanas iekārtas speciāli kalibrē, ņemot vērā nepieciešamās produktu īpašības, konkrētās atradnes smilšu granulometrisko un ķīmisko sastāvu, kā arī citus šajā rūpnīcā izvēlētos bagātināšanas veidus. Ja sākotnējās smiltīs ir liels Fe_2O_3 saturs, šo klasificēšanu var apvienot ar *elektromagnētisko separāciju*, uzstādot spēcīgu magnētu, vai izmantojot papildus aprīkojumu (dozatori, barotāji, teknes, konveijeri) ar jau uzstādītiem magnētiem (6.attēls).

2.2.2. Ķīmiskā sastāva uzlabošana - smilšu mazgāšana, flotācija un optiski-elektroniskā bagātināšana

Smilšu mazgāšana ar ūdeni vai ar speciāliem reaģentiem (flotācija) ir viens no vecākajiem un izplatītākajiem smilšu bagātināšanas veidiem. Mazgāšanas laikā *smilšu-ūdens* maisījums vai *smilšu-ūdens-virsmas aktīvās vielas* maisījums (flotācijas gadījumā) nonāk iekārtā. Mazgāšanas laikā izejmateriāla graudiņi beržas sava starpā, tādējādi smagās smilšu daļiņas atdalās no viegliem piemaisījumiem (māliem, vizlas utt.), kuri parasti atrodas uz smilšu graudiņu virsmas. Vieglākās daļiņas paliek uz ūdens virsmas vai kopā ar ūdens plūsmu tiek novadītas no attīrītām smiltīm. Mazgāšanas laikā sabrūk arī mitruma plēve, kas veidojas uz dabas smilšu daļiņām. Līdz ar to pēc mazgāšanas šo materiālu vieglāk izžāvēt.

Virsmas aktīvo vielu klātbūtne krietni uzlabo procesa efektivitāti, bet, izmantojot flotācijas iekārtas, ir nepieciešams uzstādīt ūdens attīrīšanas iekārtas.

Parasti pirms mazgāšanas iekārtām uzstāda rupjos sietus, kuri neļauj nonākt iekārtā akmeņiem un liela izmēra svešķermeņiem. Pēc mazgāšanas tīrās smiltis nonāk speciālos rezervuāros, kur notiek dabiskā ūdens novadīšana un tikai pēc tam iegūto materiālu ar mitrumu 3 – 5% žāvē.

Iekārtas, kas paredzētas smilšu mazgāšanai ar ūdeni var būt stacionāras, pusstacionāras (kuras var salīdzinoši viegli uzstādīt nepieciešamā vietā) un pārvietojamas.

Flotācijas iekārtām ir lielāki izmēri (40 līdz 50 m garumā), tādēļ tādās iekārtas var būt tikai stacionāras.

Mazgāšanas iekārtas aprīkotas ar papildus mehānismiem, kas veic *šlikera* maisīšanu un smagās frakcijas transportēšanu. Tie neļauj smiltīm uzreiz nogulsnēties un intensificē iekārtas darbu. Visbiežāk šādiem mērķiem izmanto šnekus (7.attēls). Atkarībā no iekārtas ražības var būt iemontēti viens, divi vai vairāki paralēli šneki. Ja nepieciešams, izmanto vairākas mazgāšanas iekārtas, kuras uzstādītas viena pēc otras.

Flotācijas procesam papildus nepieciešami mehānismi, ar kuru palīdzību no ūdens virsmas noņem netīrās putas. Tādām mērķim parasti izmanto rotējošās lāpstas, bet, lai atvieglotu šo procesu, pašu mazgāšanas iekārtu saliek no vairākiem

atsevišķiem baseiniem kaskādes veidā. Tādējādi daļa no putām tiek novadīta vienkārši ar pārplūdi.



7. att. Pārvietojamā smilšu mazgāšanas iekārta.

Mazgāšanu ar ūdeni vai flotāciju var apvienot ar augstāk aprakstīto klasificēšanu ar ūdens plūsmas palīdzību. Pirms mazgāšanas vai flotācijas bieži uzstāda spēcīgu magnētu.

Mazgāšanas laikā alumīnija oksīda saturs var samazināties 3 – 10 reizes, dzelzi saturošo piemaisījumu saturs – 2–3 reizes. Flotācija dod vēl labākus rezultātus. Tomēr jāatzīmē, ka mazgāšanas efektivitāte ir atkarīga no izejmateriāla raksturojuma.

Kā vienu no interesantākajām metodēm var minēt *optiski – elektronisko bagātināšanu*. Ar šo metodi gandrīz jebkuru beramo materiālu, t.sk. smilti, var sašķirot dažās frakcijās pēc krāsas vai ģeometriskās formas. Pašlaik šo metodi plaši izmanto dažādu akmeņu, ķīmisko produktu, minerālu, metālu un kafijas šķirošanai; smilšu bagātināšanai to pielieto retāk, bet nākotnē tas var būt viens no perspektīvākiem bagātināšanas paņēmieniem, jo šķirošanas kvalitāte ir augsta un iekārtas ekspluatācijas izdevumi, salīdzinot ar pārējām metodēm, ir nelieli [24].

Darbības princips ir sekojošs: izturētu un nedaudz samitrinātu izejmateriālu (svarīgi, lai mitrums un temperatūra visā masā būtu nemainīgs) caur dozēšanas mezglu vienmērīgi no augšas padod speciālā kamerā, kurā uzstādīts apgaismojums un jutīgie sensori – fotoelementi. Zem analizatora iebūvētas vairākas saspīestā gaisa sprauslas. Katras sprauslas darbu (gaisa ātrumu, spiedienu) regulē automātika atbilstoši analizatora signālam.

Kvarca smiltis tādās iekārtās var sašķirot pēc krāsas/piemaisījuma daudzuma – jo smiltis ir tīrākas, jo tās ir baltākas, palielinoties krāsojošo oksīdu, īpaši dzelzi saturošo savienojumu, saturam, smiltis paliek dzeltenākas un pat sarkanas.

Kalibrētās sprauslas dod lielāku gaisa plūsmu, ja piemaisījumu saturs palielinās un netīrās daļiņas aizlido vienā bunkurā, bet sašķīrotais produkts nonāk citā bunkurā.

Elektromagnētiskā separācija ir viena no efektīvākajām smilšu bagātināšanas metodēm, kuru var veikt gan mitram, gan sausam materiālam. Magnētiskie separatori paredzēti Fe_2O_3 satura samazināšanai līdz pat 2–5 reizēm. Zinātnes attīstība, pieredze un jaunas tehnoloģijas atļāva ieviest ražošanā jaunus elektromagnētisko separatoru veidus – virpuļplūsmas un ruļļu magnētu separatorus, kā arī jutīgus

metāla detektorus. Šos jaunus izstrādājumus piedāvā daudzas ārzemju firmas [17, 20-25].

Labi rezultāti Fe_2O_3 samazināšanai ir iegūti, pielietojot *gradientu ruļļu magnētu separatorus ar 1, 2 vai 3 darba ruļļiem*, kas paredzēti smilšu un citu beramo materiālu (ar daļiņu izmēru līdz 2,0 mm) augstefektīvai magnētiskai separācijai. Šajos separatoros izmanto Nd-Fe-B magnētus, kas atļauj atdalīt dzelzi saturošus minerālus ar vājām magnētiskām īpašībām. Agrāk tas bija iespējams tikai ar elektromagnētiskajiem valču separatoriem.

Trīs ruļļu separatoriem parasti pirmajam rullim ir mazākais magnētiskā lauka spēks, bet trešajam - vislielākais.

Salīdzinot ar valču tipa separatoriem, standarta trīsruļļu separatoriem ir sekojošas priekšrocības:

- lielāka ražība – 4–5 tn/st-m (valču tipa separatoram 1tn/st-m);
- mazi izmēri - 1000×1200×2300 mm (valču tipa separatoram 2000×2000×2500 mm);
- nav nesabalansēto slodžu, kas ļauj pagarināt iekārtas darbības laiku;
- mazs svars – 1100 kg (valču tipa separatoram 6500 kg);
- mazs elektroenerģijas patēriņš.

Ruļļu separatora darbības princips ir sekojošs: smiltis ar noteiktu dozēšanas ātrumu padod separatora bunkurā un ar sadalītājierīces palīdzību – tālāk separatora darba zonā.

Piemašījumi, kuriem piemīt magnētiskās īpašības, ruļļa magnētiskā spēka iedarbības rezultātā pārvietojas pie konveijera lentes, ar kuras palīdzību šīs daļiņas izvada no darba zonas. Gatavā produkta izeju regulē ar speciālu plāksni, kas nepieciešamības gadījumā ļauj regulēt Fe_2O_3 saturu produktā.

Virpulplūsmas separatorus smilšu attīrīšanai pielieto reti. Ar to palīdzību var atdalīt krāsaino metālu piemašījumus (stikla rūpniecībā tas it īpaši svarīgi stikla lausku apstrādei). Darbības princips – mainīgā magnētiskā lauka iedarbībā izmainās piemašījumu kustības trajektorija, kas palīdz atdalīt piemašījumus no pārējās produkta plūsmas.

Kopā ar augstāk aprakstītajām modernajām iekārtām, bagātināšanas rūpnīcās elektromagnētiskai separācijai pielieto cilindriskā tipa separatorus, piekaramas magnētiskās plates, speciālus ieliktnus, kurus uzstāda lentes konveijeros, tehnēs un cauruļvados, magnētiskos cilindru separatorus (t.sk. ar Nd-Fe-B magnētiem), magnētiskos režģus u.c. [24].

Jāatzīmē, ka parasti pēc sijāšanas mainās ķīmiskais sastāvs, jo R_2O_3 saturs (it īpaši Fe_2O_3) putekļainajā daļā ir lielāks nekā rupjajā frakcijā. Tādējādi produkta tālākai pārstrādei (piemēram, malšanai) jāizmanto tāda frakcija, kura pēc sava ķīmiskā sastāva ir pieņemamāka noteiktam klientam.

2.3. Smilšu bagātināšanas uzņēmumi

Agrāk, katra stikla rūpnīca pati organizēja smilšu un pārējo izejvielu sagatavošanu. Šobrīd ir skaidri redzama tendence, vadoties no Rietumu pieredzes, ka izdevīgāk saņemt pilnīgi gatavu izejvielu. Pēdējos gados arvien biežāk parādās jaunas prasības, piemēram, prasības iepakojumam (arī transportam), kuras arī var attiecināt uz smilšu bagātināšanu, jo iepakojumam un transportam jānodrošina bagātināto smilšu īpašību saglabāšana transportēšanas un glabāšanas laikā. Smilšu bagātināšanas rūpnīcai jānodrošina iespēju nosūtīt klientiem gan mitrās smiltis (ar auto vai dzelzceļu transportu),

gan iepakotās izžāvētās smiltis (visbiežāk izmanto PE mīksto konteinerus, t.s. ‘big bagus’ ar tilpumu 1 – 1,3 m³), gan izžāvēto smilšu piegādi ar autocisternām, kas ļauj stikla rūpnīcās pielietot pneimotransportu un izvairīties no putekļu veidošanās.

Pēdējos gados veidojas jauna tendence – sagatavot kompleksu šihu stikla ražošanai. Notiek ne tikai smilšu bagātināšana, bet arī tiek izmainīts sagatavotās šihtas ķīmiskais sastāvs, firmas piedāvā pirms smilšu malšanas pievienojot kādu komponenti – laukšpatu, kaolīnu, mālus (speciālās prasības). Dažos gadījumos šo komponenti speciāli nepievieno, bet izmanto dabīgus maisījumus (piemēram, smilšu – kaolīna maisījums), tādējādi tādās smilšu rūpnīcās ir pavisam citi bagātināšanas mērķi un metodes. Tā, piemēram, Čehijas un Polijas rūpnīcas piedāvā vairākus produktus ar SiO_2 saturu – 70–85%, Al_2O_3 – 10–25%, R_2O – 0–10%. Tie paredzēti galvenokārt stikla un keramikas ražotājiem. Tas ļauj viņiem samazināt šihtas izgatavošanas izmaksas, uzlabot šihtas homogenitāti, samazināt enerģijas patēriņu un uzlabot produkta kvalitāti. Šodien izstrādes stadijā arī citi izejvielu maisījumi: smilšu–sodas (stikla taras un lokšņu stiklu rūpniecībai) un smilšu–borskābes (stikla šķiedras ražotājiem). Perspektīvā tas ļaus smilšu bagātināšanas rūpnīcās ražot tādus izejvielu maisījumus, kuri pēc ķīmiskā sastāva pilnīgi atbilst šihai, t.i., šihtas sagatavošana tiks veikta pie smilšu atradnēm, kas ir galvenā un smagākā stikla šihtas komponente.

Pašlaik Latvijas apstākļos tas nav aktuāli, tā kā Latvija stipri atpaliek no attīstītākajām Eiropas valstīm stikla izmantošanas ziņā (aptuveni 4–8 kg/gadā uz vienu iedzīvotāju, salīdzinot ar 30 – 45 kg/gadā un vairāk ES valstīs). Iespējams, stikla patēriņš un arī ražošana ar laiku pieaugs un tādas tehnoloģijas varētu būt interesantas.

4. un 5. tabulā ir apkopotas tuvākajās smilšu atradnēs izvietotās smilšu bagātināšanas un malšanas rūpnīcas, kuru produkcija atbilst šodienas bezkrāsaino stiklu ražojoša uzņēmuma prasībām.

4. TABULA

SMILŠU BAGĀTINĀŠANAS UN MALŠANAS UZŅĒMUMI

Uzņēmums	Priekšrocības	Trūkumi
Anikščiu kvarcas (Lietuva)	Elastīgas piegādes iespējas, elastīgi reaģē uz klientu prasībām, zema cena	Dažreiz nestabila ražošana
Kimito (Somija) – pieder Sibelco Nordic	Ilgstoša pieredze piegādājot Ahlstrom stikla šķiedras rūpnīcai, otrā izdevīgākā cena pēc Anikščai	Vienīgā atradne, kur mal smilšakmeņus, tādēļ SiO_2 saturs ir nedaudz zemāks
Ramenskij GOK (Krievija)	Tiek palielināta jauda, risināti loģistikas jautājumi, kas ļaus pazemināt cenu	Malšana tikai no 2010.g., kvalitāte nav pārbaudīta, pārvadātāju rinda uz Latvijas – Krievijas robežas
Sklopisek strzeleč (Čehija)	Lieliska pieredze piegādājot bagātinātās, maltās smiltis stikla šķiedras rūpnīcām	Attālums, cena
Novoselovka (Ukraina)	Ideālas smiltis pēc ķīmiskā sastāva	Attālums

5. TABULA

SMILŠU ATRADNES AR BAGĀTINĀŠANU BEZ MALŠANAS

Uzņēmums	Priekšrocības	Trūkumi
Grodnjas apgabālā, ciem. Ļenino (Baltkrievija)	Piegādā smilti visām Baltkrievijas stikla rūpnīcām	Nav malšanas
Volņogorska (Ukraina)	-	Nav malšanas; liels attālums
Piusa (Igaunija)	Mazs attālums	Nav malšanas, piegādā mazgāto smilti lielākam pudeļu ražotājam Baltijā – Jarvokandi (Owens Illinois)

Eiropā kvalitatīvākās un labākās kvarca smiltis, kuras izmanto stikla ražošanai, piegādā Sklopisek strzeleč, Čehija. Bagātināto un malto smilšu ķīmiskais sastāvs, granulometrija un dažas īpašības parādītas 6. un 7. tabulā.

6. TABULA

SKLOPISEK STRŽELEČ (ČEHĪJA) UZŅĒMUMA BAGĀTINĀTO SMILŠU ĶĪMISKAIS SASTĀVS, MAS. %

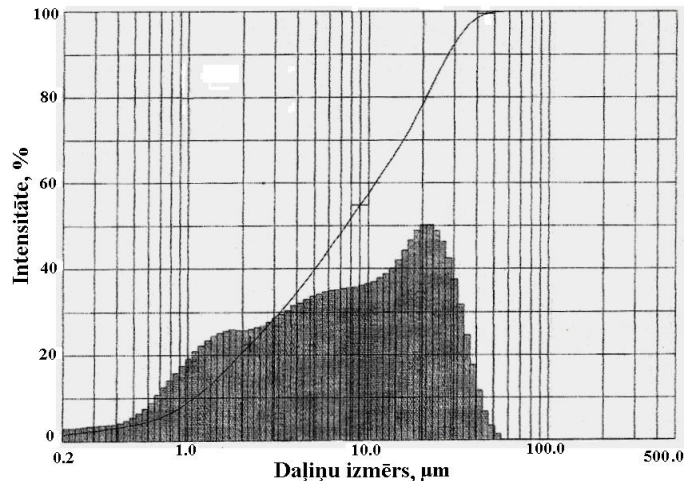
Komponente	Markas ST2; ST6	Markas ST7; ST8
SiO ₂	99,2	99,6
Fe ₂ O ₃	0,03	0,02
Al ₂ O ₃	0,2	0,3
CaO+MgO	0,1	0,1
Na ₂ O+K ₂ O	0,1	0,1

7. TABULA

SKLOPISEK STRŽELEČ (ČEHĪJA) UZŅĒMUMA BAGĀTINĀTO SMILŠU GRANULOMETRIJA UN DAŽAS ĪPAŠĪBAS

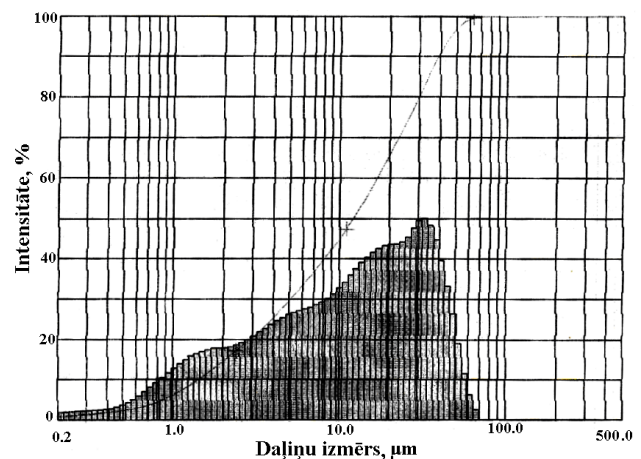
	ST2	ST6	ST7	ST8
Vid. graudu izm. (d ₅₀), μm	27	16	12	9
Graudu virsma, cm ² /g	3274	4379	5407	6122
Svars, kg/l	1,2	1	0,95	0,9
Blīvums, g/ml	2,65	2,66	2,66	2,66
>45 μm	31, %	10, %	4,5, %	0,7, %
>40	35	15	9	2
>32	44	23	17	7
>20	58	43	33	22
>15	66	52	43	33
>10	73	63	57	48
>5	83	76	69	64
>2	93	90	83	79
>1	97	96	95	95

8., 9. attēlā dotas bagātināto malto smilšu histogrammas Sklopisek strzeleč (Čehija) un Anikščiu kvarcas uzņēmumiem [26,27].



8.att. Sklopisek strzeleč (Čehija) bagātināto malto smilšu histogramma (marka ST7).

Kvarca smilšu galvenais patērētājs Latvijā ir uzņēmums AS „Valmieras stikla šķiedra”. Automatizētā stikla šķiedras kausēšanas krāsns un šķiedras izstrāde izvirza izejvielām augstas prasības. Kā pamatizejviela tiek izmantotas bagātinātās maltās Anikščiu atradnes (Lietuva) kvarca smiltis. AS „Valmieras stikla šķiedra” strādā 2 nepārtrauktas darbības krāsnis E-tipa stikla šķiedras ražošanai. 2010. gadā VSS patērēja 10 500 tonnas malto smilšu, pēc kausēšanas krāsns Nr.2 rekonstrukcijas 2011. gadā smilšu patēriņš pieauga līdz 12 000 t/gadā. 2013.-2014. gadā prognozēts atsākt nātrija silikāta stikla Nr. 11 ražošanu, smilšu patēriņš pieauga līdz 14 000 – 14 500 tn/gadā.



9.att. Anikščiu kvarcas uzņēmuma bagātināto malto smilšu histogramma.

Veiktā kvarca smilšu atradņu izpēte parādīja, ka pēc bagātināšanas Latvijas smiltis var izmantot stikla rūpniecībā. Nepieciešams veikt papildus eksperimentālo smilšu attīrīšanu laboratorijā, lai rekomendētu optimālāko attīrīšanas metodi. Latvijas bagātinātās, attīrītās kvarca smiltis izmantot ir ieinteresēta ne tikai AS „Valmieras stikla šķiedra”, bet perspektīvā varētu izmantot reģiona tuvākās rūpnīcas.

Tuvākās stikla ražojošās rūpnīcas:

Somijā – pudeļu rūpnīca Somijas vidusdaļā un stikla šķiedras rūpnīca – Ahlstrom (Karhulā) (smilšu patēriņš ap 10000 – 15000 tonnu gadā);

Igaunijā – uzņēmums Jarvokandi (Owens Illinois), nemalto bagātināto smilšu patēriņu virs 100 000 tn/gadā;

Lietuvā – 2 taras stiklu rožotāji: Papevežio stiklas (ap 30 000 – 40 000 tn gadā) un Aleksotas (ap 20 000 – 30 000 tn/gadā), izmanto nemaltās, sijātās smiltis.

Baltkrievijā – vairāki nemalto bagātināto smilšu patērētāji un tikai 1 malto bagātināto smilšu izmantotājs – Polockas stikla šķiedra (smiltis maļ paši). Patēriņš ap 25 000 tn/gadā.

III. SECINĀJUMI

Izvērtēts ķīmiskais un granulometriskais sastāvs Latvijas devona perioda kvarca smilšu atradnēm Vidzemē un juras perioda smiltīm Kurzemē. Salīdzinot Ziemeļeiropas un Baltijas reģiona kvarca smilšu atradnes un uzņēmumus, kas sagatavo kvarca smilšu izejvielu stikla rūpnīcām, konstatēts, ka atbilstoši ķīmiskajam un granulometriskajam sastāvam Latvijas kvarca smiltis pēc krāsojošo piemaisījumu samazināšanas, t.i., veicot bagātināšanu, ir perspektīvas lietošanai stikla rūpniecībā.

Parādītas perspektīvākās smilšu bagātināšanas metodes: granulometriskā bagātināšana, ķīmiskā sastāva uzlabošana – bagātināšana, un apskatītas bagātināšanas uzņēmumos pielietojamās iekārtas, to priekšrocības un trūkumi.

Konstatēts, ka Latvijas bagātinātās, attīrītās kvarca smiltis var izmantot stikla ražošanai ne tikai AS „Valmieras stikla šķiedra”, bet Ziemeļeiropas un Baltijas reģiona stiklu ražojošie uzņēmumi.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Kuršs, V., Stinkule, A. *Latvijas derīgie izrakteņi*, Rīga: Latvijas Universitāte, 1997. 200 lpp.
2. Sedmalis, U., Šperberga, I., Sedmale, G. *Latvijas minerālās izejvielas un to izmantošana*, Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 2002, 195 lpp.
3. Krukowski, Stanley T. *Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses*, USA: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2006. 842 pp.
4. *The Economist*. The hourglass effect. October 8, 2009.
5. Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. *An Introduction to the Rock Forming Minerals*, Logman, 1966, pp. 340-355..
6. Krumbein, W.C., Sloss, L.L. *Stratigraphy and Sedimentation*, San Francisco: 2nd edition Freeman, 1963.
7. Casagrande, A. Research on the Atterberg Limits of Soils, *Public Roads* 12 (3), 1932. pp. 121-30, 136.
8. Revnitssev, V.I. & etc. The use of ultrasonics for quartz sand enrichment. *Chemistry and Materials Science. Glass and Ceramics*. Vol. 18, No11, pp 559-561.
9. Wencka M., and etc. Magnetic and EPR study of ferric green rust- and ferrihydrite-coated sand prepared by different synthesis. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2009, 42 245301 doi: 10.1088/0022-3727/42/24/245301.

Janina Setina, Vasilij Akishins. Latvian Quartz Sand for Production of Glass

Quartz sand is a wide-spread mineral in Latvia. The chemical compositions and particle size distribution of Latvian minefields Bale (Devonian period) and Skudra (Jurassic period) were observed. Latvian quartz sands were compared with sands from other mines of the region. Latvian sand usability for glass industry was specified after corresponding treatment. The necessity of Latvian quartz sand enrichment for improving of chemical composition and particle size distribution was demonstrated. Main methods of quartz sand enrichment and the requirements for sand treatment factories were described. Also, the nearest sand mines, enrichment factories and main glass production lines were observed.

Mainly, Latvia has alluvion period quartz sand, but it lies at large burial depth and it also has high content of coloring oxides (iron and titanium), these factors limit the usability. The main requirements for sand foreseen for building and metal industries are particle size and its distribution; chemical composition is not so important, therefore, mainly, Latvian quartz sand mines with $\text{SiO}_2 < 98\%$ are useful for building industry. Thus, for such purpose this sand must be only separated by fraction and, in some cases, e.g. for dry mixture, also drying and milling. Glass and ceramic industries have much stronger requirements regarding chemical composition and particle sizes, therefore, different treatment and enrichment methods must be used for obtaining corresponding products. It is defined that the most perspective for glass industry quartz sand minefields in Latvia are Devonian period sands in Vidzeme and Jurassic sands in Kurzeme, but complex treatment is needed.

Янина Сетина, Василий Акишин. Латвийские кварцевые пески для стекольного производства

Песок является самым распространенным полезным ископаемым в Латвии. В данной статье приведен обзор химического и гранулометрического состава латвийских кварцевых песков месторождений Балэ (девонский период) и Скудра (юрский период). Латвийские месторождения кварцевого

10. Powell, Darryl. *Quartzite. Mineral Information Institute*. <http://www.mii.org/Minerals/photoquartzite.html>.
11. Kennedy, B.A. (ed.). *Surface Mining*, Hapter 9.4: Case Studies: Morenci/Metcalf Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Updated Accessed May 28, 2007.
12. Dixon, Charles R. *The Application of Sand Technology for Turf Systems. Sand Technology. Turf Diagnostics & Design*. <http://www.turfdiag.com>.
13. William, D., Callister, Jr. *Materials Science and engineering an introduction*, USA: John Wiley & Sons, 2007. pp. 5-11, 415-488.
14. Varshneya, A.K. *Fundamentals of Inorganic Glasses*, Sheffield: Society of Glass Technology, 2006, 682 pp.
15. Loewenstein, K.L. *The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibres*, The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1993. 343 p.
16. Adžiski, R., Fidančevska, E., & etc. Obtaining Porous Quartz Sand-glass Composite for Production of Diffusers for Water Aeration. *Macedonian J. of Chemistry and Chemical Engineering*, 2008, Vol.27, No 1, pp. 35-40.
17. <http://www.break-day.com>.
18. Zvegintsev, A.G., Yakubailik, E.K. Magnetic separation in pulsed fields with a sing-variable gradient. *J. of Mining Science*. 1998, Vol.34, No 4, pp.344-348.
19. Konev, N.N., Salo, Yu.P. & etc. Magnetic Concentration of Quartz Sand for Glass Industry. *Glass and Ceramics*, 2001, Vol 58, No 1-2, pp. 57-59.
20. <http://www.sinoesong.com/procut/40.html>.
21. <http://www.quarryplant.net/blog/production-line/silica-sand-production-line.html>.
22. http://www.alibaba.com/product-gs/231884897/Glass_Raw_Materials_Production_Line_Quartz.html.
23. <http://www.karer.by>.
24. <http://www.greatwallcrusher.com>.
25. <http://www.zenithcrusher.com>.
26. Catalogue of Products. Micro-milled Sands. 2009. <http://www.sklopisek.cz>.
27. <http://www.businesslithuania.lt/en/companies/anyksciu-kvarcas-ab-82107>.

Janina Setina. 1977 - Dr.sc.ing., Riga Politechnical Institute (since 1992 Riga Technical University).

Work experience – since 1972 - Riga Technical University, Institute of Silicate Materials, senior research scientist, docent; since 1999 – Head of the Testing Laboratory of Silicate Materials.

The author of 126 scientific publications; supervisor of bachelor, master, and doctoral theses.

janina@ktf.rtu.lv

Vasilij Akishins. 1998 – Dr.sc.ing., Riga Technical University.

Work experience – since 1998 – Valmieras stikla šķiedra AS, Latvia (Valmiera Glass Fiber JSC plc) – glass technologist. Simultaneously since 1999 BBANC (Building materials certification centre; since 2008 – Inspecta AS), glass expert.

The author of 22 scientific publications.

vasilija@vss.lv

песка сравнены с другими месторождениями региона, а также отмечена возможность использования этого сырья в стекольной промышленности после обогащения. Кроме того, показана необходимость улучшения химического и гранулометрического состава латвийского кварцевого песка, а также рассмотрены основные способы обогащения кварцевых песков, требования к обогатительным заводам и сделано обозрение по ближайшим песочным месторождениям, заводам по переработки и основным стекольным производствам региона.

Основные залежи песка в Латвии относятся к четвертичному периоду, однако они, в основном, располагаются на большой глубине и имеют высокое содержание окрашивающих оксидов (железа и титана), что ограничивает их применение. Главные требования к песку, используемому в строительных отраслях и металлургии, относятся к гранулометрическому составу, и химический состав не столь важен, поэтому по своему химическому составу песок лучших латвийских месторождений ($\text{SiO}_2 < 98\%$) годится для применения в строительстве. Таким образом, для этого необходимо только фракционирование и, в отдельных случаях, например, для изготовления сухих смесей – также сушка и помол. Для стекольной и керамической индустрии требуются более качественные пески с улучшенными показателями по химическому и гранулометрическому составу, поэтому для получения соответствующего продукта необходимо применять различные методы очистки и обогащения.

Определено, что в качестве стекольных песков наиболее перспективными являются девонские кварцевые пески в Видземе и пески юрского периода в Курземе, однако, необходимо их комплексное обогащение.