भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 13 अंक 2 दिसम्बर 2005 पृ. 171-175

उड़न राख : समस्या एवं निदान

रामाशीष सिंह, अभिजीत मजुमदार, तरितवरण दास, हिमांशु भूषण मैत्रा एवं पिनाकी सरकार
केन्द्रीय ईंधन अनुसंधान संस्थान, पो. एफआरआई, धनबाद - 828 108 झारखण्ड

सारांश : अपने देश में करीब 72 प्रतिशत विद्युत उत्पादन कोयले से किया जाता है। तेल की कमी के कारण अन्य स्रोतों की क्षमता 10-15 प्रतिशत तक सीमित रहने के आसार हैं। सम्प्रति देश में ताप विद्युत केन्द्रों की संख्या 82 है। इससे लगभग 100 मिलियन टन उड़न राख प्रतिवर्ष विसर्जित होती है। इसे कहां रखा जाय? क्या किया जाए इसका? यह एक गंभीर समस्या है। इस लेख में इन समस्याओं से निपटने की चर्चा है।

Fly Ash : Problem and Disposal

Ramashish Singh, Abhijit Majumdar, Taritavaran Das, Himanshu Bhushan Maitra & Pinaki Sarkar
Central Fuel Research Institute, Dhanbad-828 108, Jharkhand

Abstract

'With a view to persue the Government of India policy to augment the coal based power plants in the country, generation of fly ash as waste material is nearly 110 MT per annum. The disposal of this waste material is a matter of great concern from the ecological and environmental points of view. On the contrary, there will be shortage of conventional construction materials very soon as the top soil cannot be available in abundance. In view of the above, Central Fuel Research Institute developed methods to gainfully utilise the waste material as construction material and building bricks. The paper delt with the various aspects of constuction material.

प्रस्तावना

हमारे देश में अधिकांश कोयले मध्यम कोटि के हैं। इनमें अकार्बनिक भाग 20 से 40% है। कोयले को महीन करके विद्युत घरों की भट्टियों में वाष्प बनाने के लिए जलाया जाता है। कुछ राख नीचे की सतह पर आ जाती है जिसको तलीय राख (बॉटम एश) कहते हैं। अधिकांश राख काले धुएं के साथ निकलकर महीन राख के रूप में इधर-उधर फैलती रहती है और आसपास के वातावरण को प्रदूषित करती है। परन्तु अब यांत्रिकी तथा इलेक्ट्रोस्टैटिक संयंत्रों द्वारा इनको इकट्ठा किया जाता है। चूंकि यह चिमनियों से ऊपर उठती है, इसलिए इसे उड़न राख (फ्लाई एश) कहते हैं।

उड़न राख एक बारीक पदार्थ है। इसका 60-70% भाग 0.076 mm आमाप का होता है। इसके रख-रखाव की समस्या गहन होती जा रही है। उदाहरणस्वरूप एक 2000 MW क्षमता के विद्युत उत्पादन केंद्र को लिया जाये। इससे प्रतिवर्ष 2.8 MT राख विसर्जित होती है। इसके भंडारण के लिए 0.5 km^2 जगह की आवश्यकता होगी। ऊंचाई लगभग 5 m/लागत 15 से 20 रुपये प्रति टन।

उड़न राख के भंडारण के लिए धन तथा भूमि चाहिए। हमारा देश कृषि प्रधान है। इसकी 80% आबादी खेती पर निर्भर है। देश की बढ़ती आबादी के लिए आवासीय व्यवस्था एक चुनौती है। इसका समाधान खोजना है। भवन सामग्री - जैसे ईंट, चूना, सीमेन्ट का उत्पादन उतना नहीं है जो सभी के लिए सुलभ हो। मंहगाई के कारण हर सामग्री का मूल्य सुरसा के मुंह की तरह बढ़ता जा रहा है। तब हमारी निगाहें उड़न राख के समुचित उपयोग की ओर केंद्रित हो जाती हैं। अन्य देशों की तरह हमारे देश में भी इसकी उपयोगिता की खोजबीन की जा रही है।

केन्द्रीय ईंधन अनुसंधान संस्थान ने अपने 'खोज तथा विकास' कार्यक्रम के अन्तर्गत उड़न राख की उपयोगिता ईंट के रूप में करने

उड़न राख में पाये जाने वाले विरल तत्व

तत्व	कन्सेन्ट्रेशन रेंज (ppm)	तत्व	कंसेंट्रेशन रेंज (ppm)
Sb	0.52	Ba	1000-14000
As	6.56	Ga	5-38
Be	8-24	Mn	58-250
Cd	0.32-7.6	Mo	5-23
Hg	0.04-0.75	Ni	62-150
Pb	17-408	Sn	0.1-10
Cu	49-270	Sr	430-460
Ac	1.4-13	V	260-320
Te	0.01-1	Zn	60-80
Tl	0.01-0.05	Zr	150-160
Cr (VI)	0.01-5	Cr	10-188

के लिए एक तकनीक विकसित की। इसकी अभीष्ट उपयोगिता के लिए उड़न राख के रसायनिक तथा भौतिक गुणों पर विचार आवश्यक हैं। इसकी मौलिक विशेषता है इसका पोजोलानिकता यानी, जल की उपस्थिति में इससे कैल्सियम सिलिकेट हाइड्रेट नामक यौगिकों के बनने से इसके कणों में पारस्परिक सटाव। वैसे यह कृत्रिम पोजोलोनिक है। प्रकृति में भी पोजोलोना पाये जाते हैं जिन्हें प्राकृतिक पोजोलोना कहते हैं। ज्वालामुखी से निकला हुआ लावा ठंडा होने पर राख बनता है। यह प्राकृतिक पोजोलोना है।

निम्न तालिका से स्पष्ट होता है कि पोजोलोना किस तरह से तथा किन-किन पदार्थों में पाया जाता है।

सारणी ।

प्राकृतिक	पोजोलोना
पइरोक्लासिट चट्टान	क्लास्टिक चट्टान
कार्बनिक स्रोतों से पदार्थ	जमे हुए पदार्थ
मिश्रित स्रोत के पदार्थ	प्राकृतिक निस्तापित क्ले
तापीय उत्प्रेरक	निस्तापित क्ले
कृत्रिम पोजोलोना	
निस्तापित	जला कृषि उत्पादित अवशिष्ट
	उड़न राख

विवरण

उड़न राख में रसायनिक संरचना के कई पदार्थ पाये जाते हैं। जो अमणिभ तथा मणिभ रूप में विद्यमान रहते हैं। इसकी संरचनाएं विभिन्न रूप से बदलती हैं। खनिज यथा म्यूलाइट 30%, मैगनेटाइट 4-5 %, ग्लास 59.00% तक आदि उपस्थिति रहते हैं। विभिन्न कोयले की राखों के नमूनों में विभिन्नता पाई जाती है। उनका औसतन रासायनिक विश्लेषण और खनिजों की प्रतिशतता निम्नलिखित है।

सिलिकाडायक्साइड 46-65%, एल्युमिना 19-28%, आयरन आक्साइड 4-17 %, कैल्सियम आक्साइड 2-6 %, मैग्नीशियम आक्साइड 1.11-2.3%, सल्फेट सल्फर 0.5-1.00 % तथा कार्बन अंश 1- 12% आदि।

कार्बनयुक्त पदार्थ की मात्रा 3-12% तक होनी चाहिए। इससे अधिक मात्रा अवांछनीय है। कार्बनयुक्त पदार्थ ज्यादा होने से उड़न राख के पोजोलोनिक गुण में कमी आ जाती है। अगर उड़न राख में सल्फेट गंधक की मात्रा 5% तथा मैग्नीशियम आक्साइड की मात्रा 5% से ज्यादा हो तो इनसे बनी हुई सामग्री में एक दरार पड़ जाती है जो वस्तु को कमजोर बनाती है। भारतीय मानक 3812-1966 (भाग 9) के द्वारा परीक्षण परिणाम के आधार पर उड़न राख को वर्गीकृत किया गया है। विभिन्न प्रकार की उड़न राख का रासायनिक तथा भौतिक विश्लेषण सारणी 2 में दिया गया है।

सिलिका 35% से अधिक, सिलिका + ऐल्युमिना + आयरन आक्साइड 70% से अधिक तथा (सल्फेट सल्फर) 3% से अधिक, मैग्नीशियम आक्साइड 5% से अधिक नहीं होने चाहिए। रासायनिक विश्लेषण एवं खनिजों की प्रकृति और उड़न राख कितनी महीन है इस आधार पर इसका एक गुण बहुत ही महत्वपूर्ण है जिसे लाइम रिएक्टिविटी (चूना प्रतिक्रियाशीलता) कहते हैं। चूना प्रतिक्रियाशीलता परीक्षण में चूना, बालू तथा उड़न राख 1 : 2 : 2.5 के अनुपात में लेकर एक 1/2" का घन बनाते हैं। इसका संदलन सामर्थ्य 7 या 26 दिनों के उपरान्त निकालते हैं जो 40 kg/cm^2 से कम नहीं होना चाहिए। इसके बाद उड़न राख की दो अन्य परीक्षण भी की जाती हैं जिसमें इसकी आपेक्षिक सतह 3200 cm^2/g से ज्यादा होनी चाहिए तथा जलाने में भार की कमी 12% तक होनी चाहिए।

भौतिक गुण : उड़न राख के समुचित उपयोग के लिये निम्नलिखित भौतिक गुणों का होना आवश्यक है : 1. महीनता आपेक्षिक सतह - 3200 cm^2/g ; 2. चूना प्रतिक्रिया - 40 kg/cm^2; 3. जलाने में

सारणी 2 — उड़न राख का रासायनिक विश्लेषण
(नमूना)

SiO_2	54.00
Al_2O_3	24.00
Fe_2O_3	10.00
TiO_2	5.00
CaO	3.00
MgO	1.50
Alkali (Na_2O+K_2O)	2.50

सारणी 3 — उड़न राख का खनिजकीय विश्लेषण

क्वार्टज	6.00
मुलाईट	30.00
मैंगनीज	5.00
ग्लास (वाई डिफेरेन्स)	59.00

भार की कमी - 12% से कम।

इसमें विद्यमान कार्बन अंश इसके रंग को प्रभावित करता है। 12% से अधिक होने पर उड़न राख के पोजोलोनिक गुण को प्रभावित करता है। कार्बन रंध्रता की बहुलता उड़न राख की आपेक्षिक सतह को बढ़ाती है। तथा पोजोलोनिक गुण को घटाती है।

उड़न राख के उपयोग में समस्याएं

उड़न राख शुष्क हो तो उसकी उपयोगिता ठीक रहती है। फिलहाल में उड़न राख पानी से मिश्रित करके निष्पादित की जाती है। जल मिश्रण को पाइप से होकर तालाब/बांधों में पंप किया जाता है। गीली राख इकट्ठा की जाती है। वास्तव में पानी मिल जाने से उड़न राख की सक्रियता कम होती जाती है। क्योंकि इसमें शीशा की मात्रा में कमी आती है। अल्प मात्रा में पाये जाने वाले तत्व (सोडियम ऑक्साइड, पोटेशियम ऑक्साइड और अन्य पदार्थ) उड़न राख की सक्रियता को उत्प्रेरित करते हैं पानी के साथ बह जाते हैं।

उड़न राख की प्रतिक्रियाशीलता कोयले के प्रदहन तापमान पर भी निर्भर करती है। अगर कोयले का ज्वलनांक 800-900°C है, तब उसमें सक्रिय अमणिभीय सिल्का का अनुपात ज्यादा होता है। ज्वलन तापमान 900°C से ज्यादा होने पर अमणिभीय सिलिका अपने मणिभीय रूप में रूपांतरित हो जाता है जो कम सक्रिय होता है। राख का ढ़ेर, चूने तथा सीमेन्ट के साथ प्रयोग के लिये अनुप्रयुक्त हो जाता है। परन्तु तालाबों में इकट्ठी की गयी राख, भवन सामग्री जैसे ईंट, हल्की कंक्रीट के ब्लॉक बनाने के लिये उपयुक्त है।

दूसरी समस्या है भवन सामग्री में उपयोग के लिये उड़न राख को स्थानांतरित करने की यानी भारी खर्च तथा प्रदूषण का प्रसार। ये इसके उपयोग में बाधा डालते हैं। उपयुक्त सरकारी नीतियों तथा विभिन्न विभागों में तालमेल के अभाव से ये समस्याएं बढ़ती हैं। भवन निर्माताओं में उड़न राख से बनी सामग्री के प्रति उदासीनता भी एक महत्वपूर्ण कारण है।

अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर उड़न राख के उपयोग में पश्चिमी राष्ट्र आगे हैं। फ्रांस में इसकी उपयोगिता 58% है इसके बाद जर्मनी तथा ब्रिटेन। हमारे देश में उड़न राख की उपयोगिता मात्र 20 प्रतिशत है। अमेरिका में उड़न राख का उपयोग कंक्रीट में 1938 में किया गया। तत्पश्चात् 1930 यूरोप 1960 रूस में तथा 1952 भारत में। उड़न राख के उपयोग के लिये विभिन्न परीक्षण एवं अनुसंधान आरम्भ किये गये। रिहन्द बांध, मिर्जापुर (उ.प्र.) में बोकारो ताप विद्युत केन्द्र की उड़न राख का उपयोग कंक्रीट के रूप में किया गया।

उड़न राख का उपयोग निम्नलिखित ढंग से किया जाता है : 1. पोर्टलैन्ड - फ्लाई एश (उड़न राख) सीमेन्ट; 2. सीमेन्ट कंक्रीट में छतों के लिये पूर्व - निर्मित धरन, खम्भे, फर्श आदि; 3. सड़क निर्माण 4. उड़न राख, चूने की ईंट भाप द्वारा पकायी विधि; 5. भूमि तथा गड्ढ़ों की भराई ; 6. उड़न राख, चूना, सीमेन्ट से निर्मित हल्की मिश्रित कंक्रीट के ब्लॉक इत्यादि में।

केन्द्रीय ईंधन अनुसंधान संस्थान की ईंट बनाने की प्रविधि 1972 में पेटेंट की गयी।

उड़न राख 83%, चूना 7.00%, बालू 10 % तथा एक उत्प्रेरक 0.2 % के अनुपात में मिलाकर मिश्रण को अच्छी तरह मिलाकर दाब प्रेस में 100-200 kg/cm² दाब पर ईंट को बनाया जाता है। इस ईंट को 24 से 48 h तक शेड में रखा जाता है। इसके बाद भाप में पकाया जाता है। भाप का तापक्रम 125-135°C तथा उपचार अवधि 4-6 h। उड़न राख ईंट के निम्नलिखित गुण हैं।

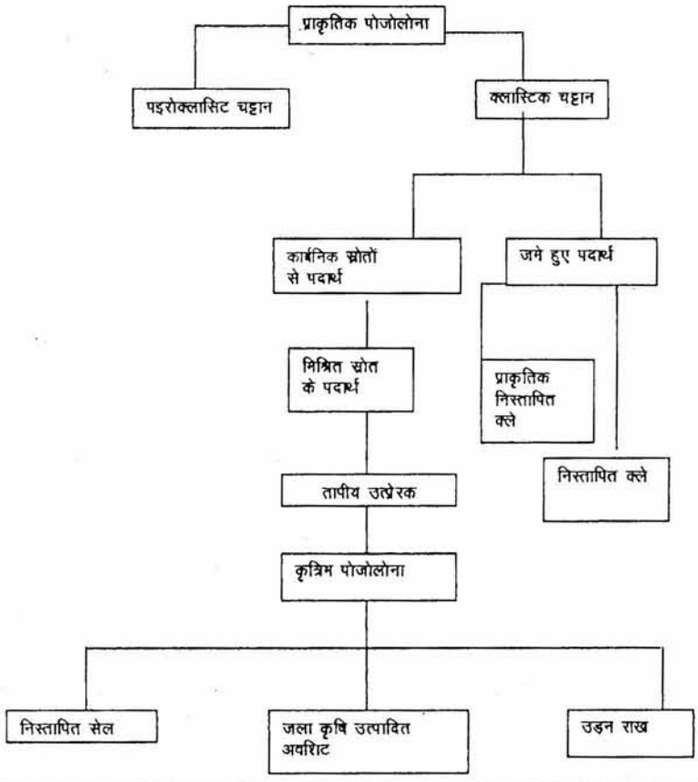
रंग - सीमेन्ट की तरह; स्थूल घनत्व - 1550 kg/m³; पानी सोखने की क्षमता - 20 %;

संदलन दाब - 100 - 130 kg/cm² और मुक्त चूना - 0.25 % से कम

इस प्रविधि से ईंट बनाने में कुल 70 h का समय अपेक्षित है।

केन्द्रीय ईंधन अनुसंधान संस्थान की इस तकनीक को अनेक पुरस्कारों से नवाजा गया है। इस प्रविधि पर आधारित अनेक संयंत्र देश के विभिन्न भागों में लगाये जा रहे हैं। अनेक संयंत्र उत्पादनरत हैं। पहला उद्योग बैरकपुर में लगाया गया। बन्डिल में एक विशाल कारखाना का स्थापित किया गया है। इसमें शीघ्र ही उत्पादन प्रारंभ होने वाला है। इसकी दैनिक उत्पादन क्षमता 80000 ईंट है। कर्नाटक के रायचूर शहर में एक संयंत्र तैयार हो रहा है। अन्य उद्यमियों ने भी

तालिका नं. – 1



विकसित विधियों का तुलनात्मक अध्ययन

क्रम संख्या	विवरण मुख्य प्रयुक्त पदार्थ	सीएफआरआई प्रविधि	सीवीआरआई प्रविधि	वेस्ट जर्मनी प्रविधि	पोलिस प्रविधि	स्वीडन प्रविधि
1.	उड़न राख (%)	82-85	60 (अधिकतम)	74(अधिकतम)	78 (अधिकतम)	74(अधिकतम)
2.	सिलिका (%)	10	30(कम से कम)	18.5	-	47(अधिकतम)
3.	सीमेन्ट (%)	-	-	-	-	-
4.	जलाने से भार की कमी	10	5	5	6	5
	गुण kg/cm²					
	संदलन kg/cm²	100-130	100-186	150	60	70
	जल शोषण (%)	20	10-15	720	40	12
	स्थूल घनत्व g/cc	1.55	1.70	1.40	0.70	1.36
	विरचन का दाब kg/cm²	100-200	100-200	125	दाब नहीं	550
	भाप का दाब kg/cm²	2.5	14-16	16	14-16	सामान्य अवस्था के शेड में तैयार

लाइसेंस प्राप्त किये हैं।

केन्द्रीय भवन अनुसंधान संस्थान रुड़की ने भी उड़न राख के उपयोग के लिये प्रविधियां विकसित की हैं। अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर अभी तक उड़न राख से ईंट बनाने की कई तकनीक विकसित हुई हैं। आइये, हम इन विधियों का तुलनात्मक अध्ययन करें ताकि यह जाना जा सके कि कौन-सी विधि लागत तथा समय के परिप्रेक्ष्य में उपयुक्त है।

दी गयी सारणी में यह दिखाया गया है कि अभी तक कुल पांच प्रविधियों में स्वीडेन की प्रविधि ही ऐसी है जिसमें भाप में ईंट को पकाया नहीं जाता। ईंट बनाते समय कुल दाब 500 kg/cm^2 होता है। हमारे देश में अधिदाबी चापक नहीं है। इस प्रविधि में काफी जगह की आवश्यकता है समय भी लगभग 14 दिन लगता है। नम्बर दो - तथा चार प्रविधियों से ईंट उच्च वाष्प दाब पर तैयार की जाती है। इसमें लागत भी ज्यादा आती है। जबकि सीएफआरआई प्रविधि में कम समय तथा कम दाब पर ही ईंट तैयार होती है। इस प्रविधि में उत्प्रेरक सिलिका को अधिक सक्रिय बना देता है और ईंट में सामर्थ्य के लिये कैल्शियम सिलिकेट हाइड्रेट कम दबाव व तापक्रम में बन जाता है। केन्द्रीय ईंधन अनुसंधान संस्थान की प्रविधि में सभी चीजें स्वदेशी है। इसमें उड़न राख की अधिकतम खपत 85% तक हो सकती है।

केन्द्रीय ईंधन अनुसंधान संस्थान के खनिज प्रौद्योगिकी विभाग में एक परियोजना पर शोध किया गया है। जिसमें तरल संस्तर प्रदहन प्रविधि द्वारा कोयला से जो राख बन रही है उसका उपयोग ईंट बनाने में होने की संभावना पर शोध किया गया है। राख के रासायनिक तथा भौतिक गुणों का विश्लेषण किया गया है इस प्रविधि से प्राप्त उड़न राख तथा तलीय राख के रसायनिक तथा भौतिक गुणों में काफी विभिन्नता हैं। निकट भविष्य में तरल प्रदहन प्रविधि इस देश में व्यापक ढंग से उपयोग होने वाली है। इस प्रविधि की कुछ विशेषताएं हैं: कोयले के महीन चूर्ण जलाने की विधि की अपेक्षा यह अधिक लाभकारी है, इसमें किसी भी कोटि के कोयले का उपयोग किया जा सकता है, वायु प्रदूषण की समस्या भी नहीं के बराबर होती है। अतः इस प्रविधि से प्रचुर परिमाण में राख उत्पादित होगी। इसके निष्पादन की समस्या भी जटिल होगी। ताप-विद्युत उत्पादन गृह की उड़न राख में पोजोलोनिक गुण अधिक हैं जबकि तलीय राख में कम। इसके विपरीत तरल संस्तर प्रदहन की तलीय राख में पोजोलोनिक गुण ज्यादा तथा उड़न राख में कम पाया जाता है। जिससे इस राख का उपयोग ईंट बनाने में किये जाने की आशा है।

निष्कर्ष

ईंट का उत्पादन करीब 55-60 बिलियन प्रति वर्ष। इतनी संख्या में ईंट बनाने से कृषि योग्य भूमि बर्बाद हो जाती है। प्रदूषण की समस्या भी बढ़ रही है। मनुष्य, वन्य तथा जलीय जीवन प्रभावित हो रहा है। आजकल करीब 100 MT उड़न राख प्रतिवर्ष उत्पादित होती है। इसका उपयोग ईंट बनाने के लिये किया जाय तो प्रचुर संख्या में ईंट तैयार होगी। जिससे भवन निर्माण समस्या का समाधान तो होगा ही, प्रदूषण की समस्या से भी निजात मिलेगा।

आभार

लेखकगण संस्थान के निदेशक डा. कल्याण सेन के उत्प्रेरण एवं कालांतर में समय- समय पर मिले शोध निदेशन एवं सहयोग के लिए अपने पूर्वाती सहकर्मियों के प्रति कृतज्ञ है।

संदर्भ

1. मुखर्जी एस एन, विश्वास डी, नाग ए के, फ्लाई ऐश, चूना तथा बालू से ईंट बनाने की प्रविधि, सेमीनार आन फ्लाई एश.
2. इंडियन पेटेन्ट नं. 128684 सीएफआरआई - 1972.
3. इंडियन पेटेन्ट नं. 139230 सीएफआरआई - 2003-2004.
4. मुखर्जी एस एन, मित्रा बी, मजूमदार एस के, ताप विद्युत केन्द्र और वेस्ट डीसपोजल - एफएसटी, वॉल्यूम **2** अक्तूबर 1983.
5. कंक्रीट तकनीक से डिजाइन, वॉल्यूम **3**, पृष्ठ संख्या. 4 (आर एन स्वामी द्वारा सम्पादित), सर्वे.
6. *एफ आर आई न्यूज,* **19** (1969) 3, 100.