

Przemysł cementowy w Indiach – historia, terażniejszość i perspektywy rozwoju

The Indian cement industry – its past, present and future perspectives

1. Wstęp

Historycznie rzecz ujmując, początek indyjskiego przemysłu cementowego należy wiązać z rokiem 1904 kiedy to, przez przedsiębiorstwo South Indian Industrial Ltd., w Madrasie została założona cementownia o zdolności produkcyjnej około 10 tysięcy ton rocznie. Przedsięwzięcie nie powiodło się jednak i wkrótce przedsiębiorstwo zostało zamknięte. Osiem lat później przemysł odrodził się na nowo wraz z założeniem trzech zakładów przez trzy różne grupy kapitałowe: Tata, Khataus i Killick Nixon. Rzeczywisty początek indyjskiego przemysłu cementowego miał miejsce w październiku 1914 roku, kiedy to w Porbandar na zachodnim wybrzeżu Indii, w jednej z trzech uprzednio wspomnianych cementowni należącej do Tata Sons Ltd. Indian Cement Co. zapakowano pierwszy worek cementu. W owym roku odnotowano krajową produkcję cementu na poziomie 1000 ton, podczas gdy zużycie, zaspokajane prawie w całości przez import, sięgnęło 166 tys. ton. W związku z tym indyjski przemysł cementowy obchodzi w tym roku swoje stulecie.

Po tym skromnym początku, do końca marca 2013 roku indyjski przemysł cementowy osiągnął zdolność produkcyjną wynoszącą 347 milionów ton rocznie, a roczna produkcja wzrastała w latach 2006 – 2013 średnio 9,7% na rok, osiągając w 2013 roku 272 miliony ton. Obecnie Indie są drugim największym producentem cementu na świecie.

Temu wzrostowi towarzyszyły okresy stagnacji, powolnego wzrostu, gwałtownych wzrostów, zmian koniunktury, oraz nieprzewidywanych wyzwań. Niniejszy artykuł ma na celu omówienie niektórych z tych problemów i nakreślenie kierunków dalszego rozwoju.

2. Wpływ restrykcyjnej polityki rządowej na tendencje rozwojowe przemysłu.

Po odzyskaniu przez Indie niepodległości w 1947 roku, zdolność produkcyjna przemysłu wynosiła jedynie 1,87 miliona ton cementu rocznie. W tym czasie ludność w Indiach osiągnęła 469 milionów, co oznaczało konsumpcję cementu na poziomie wynoszącym

1. Introduction

Historically speaking, the advent of the Indian Cement Industry was in 1904, when a factory was set up in Madras with an annual capacity of 10,000 tonnes by the South Indian Industrial Ltd., a company incorporated in 1879. However, the attempt did not succeed and soon the enterprise was closed down. Eight years later the industry was revived with the setting up of three plants by three different business houses, viz. Tata, Khataus and Killick Nixon. The real beginning of the operative history of the Indian cement industry started in October 1914, when the first bag of cement was packed at Porbandar on the west coast of India by the Indian Cement Co. Ltd belonging to the Tata Sons Ltd., one of the three plants mentioned above. In that year the domestic production was reported to be less than 1000 tonnes while the consumption was 166,000 tonnes, which was met through imports from abroad. Thus, the Indian Cement Industry is poised to celebrate its centenary this year.

From that humble beginning, by the end of March 2013 the Indian Cement Industry grew to an installed capacity of 347 million tonnes per annum and the annual production increased from 2006 to 2013 @ 9.7 CAGR to reach 272 million tonnes. It is regarded as the second largest cement producer in the world.

In this growth path there have been periods of stagnation, flat growth, steep rise, varying profitability and unforeseen challenges. This article is an attempt to capture some of these issues and draw the path that lies ahead.

2. Reflection of restrictive national policies on growth trends

At the time of independence of India in 1947 the annual cement production capacity was only 1.87 million tonnes, while the population was 469 million, which meant only 4 kg per capita consumption of cement. The then national government took cognizance of the importance of cement in the economic development of the

jedynie 4 kilogramy w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Wtedy to, wzięwszy pod uwagę znaczenie przemysłu cementowego dla rozwoju gospodarczego kraju oraz pragnąc chronić konsumentów, wprowadzono ochronę przemysłu, włącznie z regulacją cen oraz obrotu. Z powodu tych regulacji rentowność przemysłu cementowego stała się mała i niepewna. W konsekwencji tej polityki przemysł cementowy był niedoinwestowany, a zdolności produkcyjne małe i niedostosowane do potrzeb rynku. Ta rozbieżność pomiędzy zapotrzebowaniem rynku i możliwościami jego zaspokojenia przez krajowy przemysł cementowy trwała jeszcze kilka dekad.

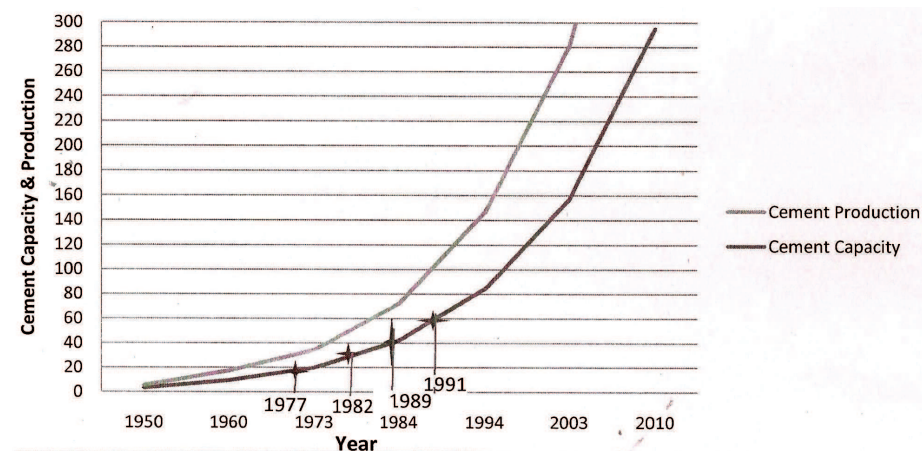
Pierwsza próba naprawy sytuacji miała miejsce w roku 1977 kiedy to rząd ogłosił transformację przemysłu i stworzenia dla niego solidnych podstaw. W latach 1977 - 1991 powstało kilka narodowych strategii dotyczących przemysłu cementowego. Najważniejsze decyzje gospodarcze z tego okresu były następujące:

- **Wrzesień 1977:** rządowe gwarancje zwrotu 12% podatku od produkcji netto, powstałej w wyniku nowych inwestycji w przemyśle cementowym.
- **Luty 1982:** początek stopniowej deregulacji cen oraz obrotu cementem.
- **Marzec 1989:** Ogłoszenie całkowitej deregulacji cen i obrotu cementem.
- **Lipiec 1991:** Zniesienie systemu wydawania licencji na zakładanie nowych cementowni.

Od tego okresu można zauważyć wyraźny zwrot w kierunku prywatyzacji i globalizacji indyjskiego przemysłu cementowego. Międzynarodowe koncerny zaczęły przejawiać zainteresowanie inwestycjami w indyjskim przemyśle cementowym. Efektem tego był jego gigantyczny wzrost, który pokazano na rysunku 1.

3.1. Zużycie cementu w przeliczeniu na jednego mieszkańca

Dziwną anomalią współczesnego przemysłu cementowego w Indiach jest, jak wiadomo, nadprodukcja w ośrodkach o małym zużyciu cementu, w przeliczeniu na jednego mieszkańca (tablica 1).



Rys. 1. Tendencje wzrostowe produkcji cementu i zdolności produkcyjnych. Na tej krzywej zaznaczono lata zmian polityki.

Fig. 1. Growth trend of cement production and capacity. In the capacity curve the years of policy change are indicated.

country and decided, in the interest of the consumers to protect the industry with controls on pricing, distribution and freight. With these controls the profitability of the cement companies was quite low and uncertain. Consequently the investment in this sector was poor and capacity additions were meager and incommensurate with the demands and market shortages. This disparity between the demand and supply of cement continued for several decades.

The first attempt to rectify the situation came in 1977, when there was an announcement by the government to bring the industry on a sound footing.

Between 1977 and 1991 there were several changes in the national policies pertaining to the cement industry. The important milestones are indicated below:

- **September 1977:** A governmental guarantee of 12% post-tax return on the net worth on new investments in cement.
- **February 1982:** Introduction of partial decontrol on the price and distribution of cement.
- **March 1989:** Announcement of total decontrol of price, distribution and freight equalization of cement.
- **July 1991:** Abolition of licensing system for setting up of cement plants.

Thereafter, one could observe a visible movement towards privatization and globalization of the Indian Cement Industry. The multinational companies started displaying their interest in the acquisition of the cement units in India. The net effect was the gigantic growth of the industry as shown in Fig. 1.

3. Cement consumption, population growth and per capita GNP

3.1. Per capita cement consumption

A strange anomaly in the Indian Cement industry to-day, as we all know, is the apparent overcapacity in an environment of low per capita consumption (Table 1).

Although the per capita consumption of cement has been increasing steadily since independence, it is still low by the world average figure or the levels obtaining in many other developed and developing nations. The current per capita consumption is estimated at 210 kg.

3.2. Per capita GNP and cement consumption

It is taken as an axiomatic truth that the volume of cement consumed varies directly with the performance of the construction industry. As the construction industry plays an important role in the

Tablica 1 / Table 1

WZROST ZUŻYCIA CEMENTU W PRZELICZENIU NA JEDNEGO MIESZKAŃCA

INDICATIVE TREND OF PER CAPITA CEMENT CONSUMPTION GROWTH

Rok Year	Zużycie cement, miliony ton Cement consumption, million tonnes	Ludność, miliony Population, million	Zużycie na osobę, Per capita con- sumption, kg
1947	1.87	469	4
1950	2.65	361	7
1960	7.83	439	18
1970	13.99	548	26
1982	20.41	683	30
1990	47.34	835	57
2000	100.45	970	97
2010	230.00	1210	178

Pomimo, że zużycie cementu per capita wzrasta stale od czasu odzyskania przez Indie niepodległości, to jednak jest nadal małe w porównaniu do średniego światowego poziomu oraz do poziomu tego wskaźnika w wielu rozwiniętych i rozwijających się krajach. Obecne zużycie cementu per capita wynosi około 210 kg.

3.2. Produkt krajowy brutto per capita i zużycie cementu

Na ogół nie kwestionuje się tezy, że zużycie cementu zmienia się w zależności od rozwoju przemysłu budowlanego. W związku z tym, że przemysł budowlany odgrywa ważną rolę w gospodarkach wszystkich krajów jest oczywiste, że zużycie cementu zmienia się wraz ze wzrostem gospodarczym. W tablicy 2 podsumowano dane wzrostu PKB per capita oraz zużycie cementu per capita w Indiach w okresie sześciu ostatnich dekad.

Z danych zawartych w tablicy 2 wynika, że wraz z ekonomiczną liberalizacją na początku dwudziestego pierwszego wieku obydwa te wskaźniki wyraźnie wzrosły w Indiach. Ponadto, nawiązując do badań autora (1), wydaje się możliwe powiązanie wskaźnika PKB per capita z poziomem gospodarki (rysunek 2).

Zależności na rysunku 2 pokazują, że zużycie cementu per capita wykazuje korelację z PKB per capita w średnio i słabo rozwiniętych gospodarkach. W gospodarkach rozwiniętych ta zależność najczęściej nie występuje.

Od kiedy Indie stały się krajem rozwijającym się, zużycie cementu oraz wzrost przemysłu zaczęły zmieniać się w wraz z poziomem narodowej gospodarki. Na tej podstawie można przewidywać, że produkcja cementu w 2020 roku osiągnie 407 mln ton ze względu na dalszy wzrost gospodarki, powodujący wzrost rynku budowlanego oraz zapotrzebowania na cement.

national economies of all countries, it is obvious that the volume of cement consumed varies directly with the performance of economy. Table 2 summarizes the data for GNP per capita and cement consumption per capita for India over a span of six decades.

It is interesting to note from Table 2 that with the economic liberalization of the 21st century both the indices have shown quantum jump. Further, accordingly to a study carried out by the author (1) it seems possible to relate the per capita GNP with levels of economies (Fig. 2).

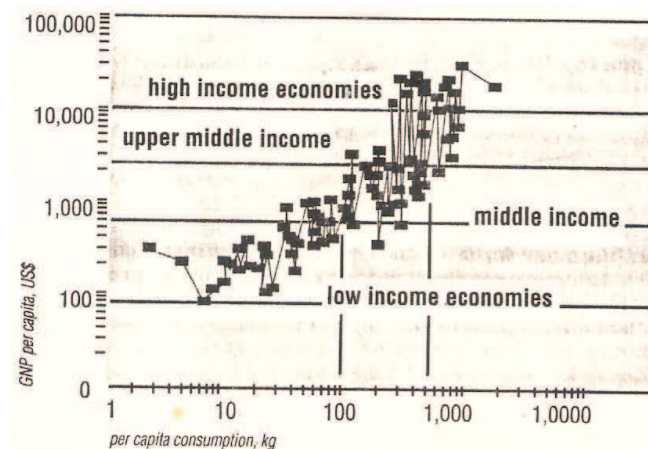
From the figure it appears that the per capita consumption of cement shows some sympathetic relationship with per capita GNP in the lower and middle economies. In the higher economies, the relationship is mostly invalid.

Since India stands at the middle income block, the cement consumption and industry growth would depend for quite some time on the economic performance of the country. In this background the Indian cement industry is targeting to achieve the production capacity level of 407 million tonnes by 2020, when further upliftment of the national economy will promote significant growth of the construction industry and cement consumption.

Tablica 2 / Table 2

PKB PER CAPITA ORAZ ZUŻYCIE CEMENTU W INDIACH
PER CAPITA GNP AND CEMENT CONSUMPTION IN INDIA

Rok Year	Na osobę/Per capita	
	PKB, rupie GNP, Rs.	Zużycie cement Cement consumption, kg
1950-51	280	7
1960-61	372	18
1970-71	793	26
1980-81	2008	30
1990-91	6293	57
2000-01	21990	113
2010-11	25000	178



Rys. 2. Zużycie cementu na mieszkańca a produkt narodowy brutto.

Fig. 2. Per capita cement consumption with per capita GNP.

4. Obecny poziom technologiczny przemysłu

4.1. Lokalizacja cementowni

Indyjskie cementownie są zgrupowane w sąsiedztwie wielkich złóż wapieni (rysunek 3). Nowe zakłady, w dalszym ciągu będą budowane w tych samych regionach oznaczonych brązowym i zielonym kolorem. Ta specyfika rozwoju wykazuje kilka interesujących techniczno – handlowych właściwości przemysłu cementowego, a mianowicie:

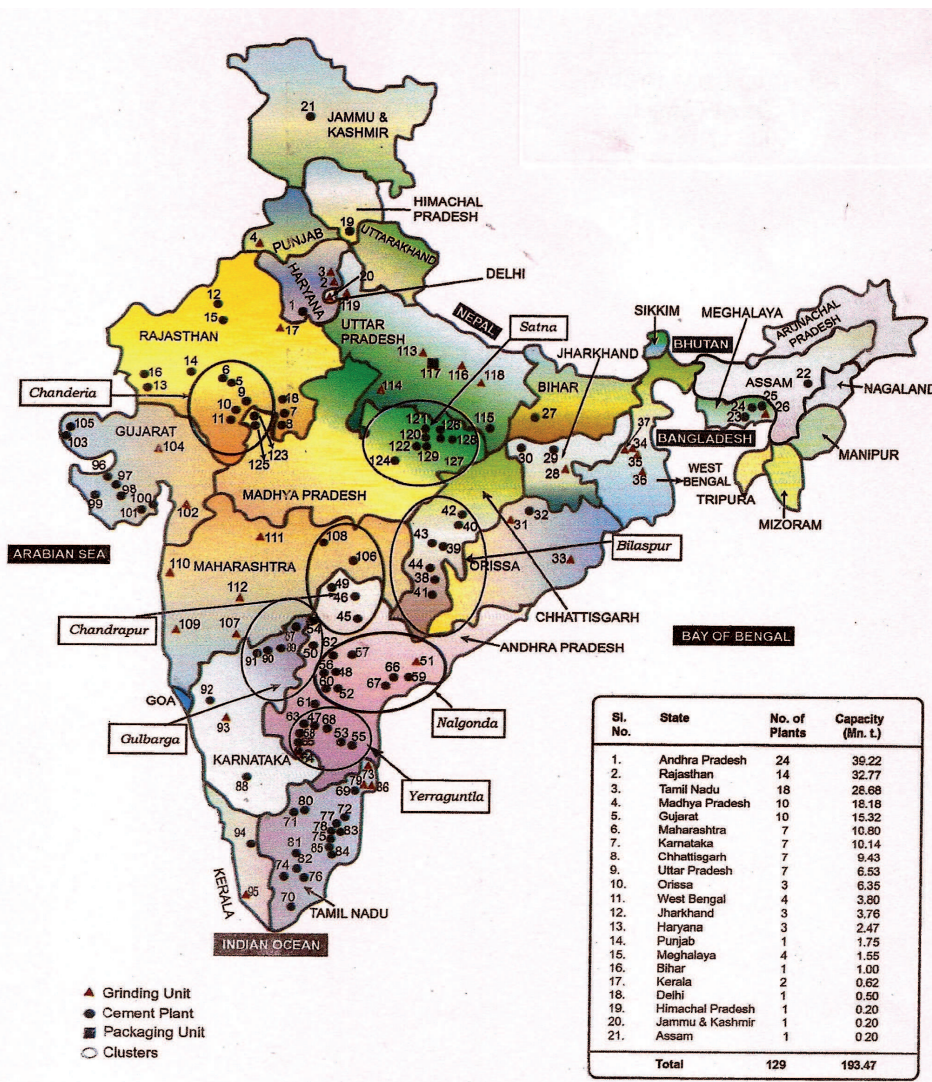
- koncepcja „dominujących rynków” została przyjęta dla każdego zakładu wraz ze strategią zajmowania trwałej pozycji na tych dominujących rynkach,
- większość dużych cementowni utworzyła związane z nimi przemalownie, stosujące klinkier z macierzystego zakładu,
- rozwinięto strategię technologiczną polegającą z jednej strony na eksploatacji daleko położonych złóż pagórkowatych, a z drugiej strony na technologii pozwalającej na wykorzystywaniu złóż wapieni miernej jakości.

4. Current technological status of the industry

4.1. Plant locations

The cement plants in India have grown in clusters in proximity of mega limestone deposits (Fig. 3). New capacities will continue to be built in the same clusters either in the form of brown field expansions or green field sites. This growth pattern has led to certain interesting techno-commercial features of the industry such as the following:

- The concept of “principal markets” has developed for each plant along with a strategy for retaining the hold on principal markets.
- Most of the large plants set up satellite grinding units closer to the market place with clinker fed from the “mother” unit.
- Techno-logistic approaches are being developed to utilize the far flung hilly deposits on one side and beneficiation technologies for using marginal grade limestone deposits.



Rys. 3. Regiony lokalizacji cementowni.

Fig. 3. Cement plant clusters.



Rys. 4. Największy na świecie piec w cementowni w Wadi, Karnataka, w Indiach; średnica 6m, długość 96 m, 6-stopniowy, dwustrumieniowy wymiennik cyklonowy z dekarbonizatorem.

Fig. 4. The world's largest kiln at ACC, Wadi, Karnataka, India, (6m dia x 96m long; 6-stage 2-stream preheater with SLC).

Zgodnie z dostępnymi danymi całkowite zasoby wapieni oceniane są na 97430 mln ton podczas gdy zasoby eksploatacyjne wynoszą 22476 mln ton, co stanowi 23 procent zasobów całkowitych. Spora część zasobów znajduje się w obszarach niedostępnych, terenach chronionych lub obszarach nadmorskich. Z tego powodu jednym z głównych wyzwań stojących przed przemysłem cementowym jest wsparcie jego rozwoju poprzez zwiększenie zasobów surowcowych o udokumentowanej jakości oraz dostępności.

4.2. Metody produkcji i wydajność pieców cementowych

O ile wydajność cementowni oddanych do użytku przed 1980 rokiem była przeważnie mała i wynosiła 600 do 1500 ton na dobę, przy wykorzystaniu zarówno metody suchej jak i mokrej, to nowsze cementownie wyposażano w jeden piec na metodę suchą, o wydajności 3000 ton/24h. Z powodów ekonomicznych budowano coraz większe cementownie o wydajności od 7000 do 8000 ton na dobę. Obecnie największy piec w Indiach ma wydajność na poziomie 12,5 tys. ton i jest największym piecem do wypału klinkieru na świecie (rysunek 4).

W ciągu dekad profil produkcji przemysłu zmieniał się w sposób pokazany w Tablicy 3. Podstawową cechą przemysłu jest to, że 96% klinkieru produkuje się w piecach z dekarbonizatorem wstępnym. Kolejną, wartą podkreślenia cechą jest zasilanie tych pieców wzbogaconym flotacyjnie wapieniem, przechodzącym przez filtry próżniowe oraz podgrzewanym wstępnie w kruszarko-suszarkach (rysunek 5).

4.3. Zużycie paliwa oraz energii

Do tej pory przemysł cementowy opiera się na węglu kamiennym, o średniej zawartości popiołu od 35 do 38%. Z powodów ekonomicznych kilka zakładów wykorzystuje częściowo lub w całości

In accordance with the available statistics of limestone inventory in the country, the gross reserves are 97,430 million tonnes, while the proven reserves are 22,476 million tonnes or 23 percent of the gross reserves. Sizable reserves are available in inaccessible areas, difficult terrains, reserved forests, bio-zones, coastal regulated zones etc. Hence one of the major challenges before the industry is to support the growth rate with an expanded raw materials base of proven quality and quantity.

4.2. Plant processes and unit kiln capacities

While the earlier cement plants that came into existence prior to the 1980s were mostly small kilns of 600-1500 tpd capacities based either on wet or dry process, the later plants were built essentially with 3000 tpd single kilns exclusively of dry process.

Economies of scale dictated the setting of large plants and the trend continues for still larger capacities in the range of 7000-8000 tpd. The largest kiln operating in India at present is with a production level of 12,500 tpd, which is today regarded as the largest operating kiln in the world (Fig. 4).

Over the decades the process profiles of the industry have changed which is illustrated in Table 3. The basic feature is that 96 percent of clinker production comes from pre-heater – precalciner kilns. Another process feature worth mentioning is the operation of a set of precalciner kilns fed with froth floatation based beneficiated limestone passing through vacuum filters and crusher dryer systems (Fig. 5).

4.3. Fuel usage and thermal energy consumption

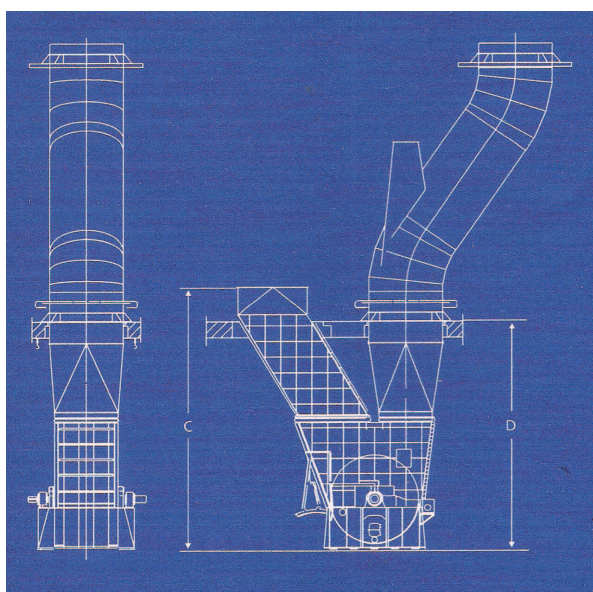
So far as the fuel usage pattern is concerned, the industry is primarily dependent on bituminous coal with an average ash content of about 35-38 percent. Based on economic viability, a few plants have switched over fully or partly to imported coal, and high-sulfur low – ash petroleum coke sourced from within or outside the country.

The significant increase in the requirement of the above fuels in the last five years is shown in Table 4.

The break-up of fuel requirements in 2012-13 has not been attempted as the fuels were interchangeable and their relative proportions depended on price and availability.

Overall increase in the fuel demand by the cement industry during the last decade has been almost four times. The availability and cost of fuel are major concerns of the industry.

Serious attempts are being made by the industry to use alternative fuels such as used car tyres, municipal solid wastes, organic so-



Rys. 5. Schemat kruszarko-suszarki wprowadzonej przez firmę FL Smidth.

Fig. 5. Schematic flowsheet of a crusher-dryer system of M/s FL Smidth.

Dimensions (mm)			Installed power (up to) (kW)
Size	C	D	
250x175	7150	6300	1080
250x225	7300	7350	1080
355x200	10125	8750	1570
355x250	10375	10500	1570
355x300	10525	11550	1570
450x275	13000	12250	2200
450x330	13100	12950	2200
450x400	13200	13650	2200
450x450	13300	14350	2200

Tabela 3 / Table 3

ZMIANY TECHNOLOGII PRODUKCJI W INDYJSKIM PRZEMYSŁE CEMENTOWYM

CHANGING PROCESS PROFILE OF INDIAN CEMENT INDUSTRY

Rok/Item	1950	1960	1970	1983	1995	2001	2006
Metoda mokra/Wet process							
Liczba pieców / Number of kilns	32	70	93	95	61	32	26
Wydajność (t/d) / Capacity (tpd)	9151	25 011	38 441	39 641	25 746	13 910	11 420
% wydajności / of total	97.3	94.4	69.5	41.1	12	5	3
Metoda sucha/Dry process							
Liczba pieców / Number of kilns		1	18	50	97	117	128
Wydajność (t/d) / Capacity (tpd)		300	11 865	51 265	188 435	282 486	375 968
% wydajności / of total		1.1	21.5	53.2	86	93	96
Metoda pół-sucha/Semi-dry process							
Liczba pieców / Number of kilns	1	3	8	9	8	8	8
Wydajność (t/d) / Capacity (tpd)	250	1200	5000	5500	5244	5260	4195
% wydajności / of total	2.7	4.5	9	5.7	2	2	1
Liczba pieców / Total kilns	33	74	119	154	166	157	162
Wydajność (t/d) / Capacity (tpd)	9401	26 511	55 306	96 406	219 425	310 706	391 583
Średnia wydajność pieców (t/d) Average kiln capacity(tpd)	285	358	465	626	1322	1921	2417

lokalny lub importowany bogaty w siarkę, o małej zawartości popiołu koks porafinacyjny. Znaczny wzrost zapotrzebowania na te paliwa w ciągu ostatnich pięciu lat przedstawiono w tablicy 4.

Nie próbowano przeciwdziałać problemom wymagań paliwowych w latach 2012-13 ze względu na ich wymiennosc i ich proporcje uzależnione od zmiennych cen i dostępności. Ogólny wzrost zapotrzebowania na paliwa w przemyśle w ciągu ostatniej dekady był niemal czterokrotny. Dostępność i ceny paliw jest głównym problemem przemysłu cementowego.

lvents, etc. along with some wood chippings and agricultural shells and husks. It is tentatively estimated that India generates over 6.0 million tonnes of hazardous wastes, about 50 million tonnes of municipal wastes, and approximately 400 million tonnes of non-hazardous industrial and agricultural wastes. In different parts of the country different types of agricultural wastes are generated, although their collection and use pose practical difficulties. On the whole, in terms of the heat value the proportion of substitute and waste fuels used is estimated at about 15 percent of the total heat consumption.

Tablica 4 / Table 4

WZROST ZAPOTRZEBOWANIA NA PALIWA W PRZEMYŚLE CEMENTOWYM

TREND OF INCREASE IN FUEL DEMAND BY THE CEMENT INDUSTRY

Nr Sr. No	Rodzaj paliwa Type of fuel	2006-07 miliony ton million tonnes	2012-13 miliony ton million tonnes
1.	Krajowy węgiel kamienny / Indigenous bituminous coal	13.68	39.72
2.	Importowany węgiel kamienny / Imported bituminous coal	3.50	
3.	Koks porafinacyjny / Petroleum coke	2.50	
4.	Węgiel brunatny / Lignite	1.00	
5.	Węgiel dla elektrowni / Coal for captive power plants	5.10	18.25
	Razem / Total	26.68	59.97

Podjęto działania mające na celu wykorzystanie paliw zastępczych, a mianowicie opon samochodowych, odpadów komunalnych, rozpuszczalników organicznych i innych, włącznie z odpadami przemysłu drzewnego oraz rolniczego jak muszle i łuski ryżowe. Wstępnie szacuje się, że w Indiach powstaje 6 mln ton odpadów niebezpiecznych, około 50 mln ton odpadów komunalnych, około 400 mln ton niebezpiecznych odpadów pochodzących z przemysłu rolniczego. W różnych częściach kraju powstają różne ilości i rodzaje odpadów z produkcji rolnej, jednak ich gromadzenie oraz wykorzystywanie napotyka na trudności. Udział odpadów zużywanych przez przemysł cementowy jest szacowany na około 15% całkowitego zużycia ciepła.

Obecne jednostkowe zużycie ciepła wynosi 725 kcal na kilogram klinkieru, biorąc pod uwagę piece pochodzące z różnych okresów oraz o różnej wydajności, w których stosowane są różne procesy produkcyjne oraz spalane jest różne paliwo (2). Tendencja ograniczenia jednostkowego zużycia ciepła w piecach o większej wydajności spowodowała budowę pieców z pięcio- lub sześć-stopniowymi dwupasmowymi wymiennikami cyklonowymi wyposażonymi we wstępną dekarbonatyzację (rysunek 6). Należy wspomnieć,

So far as the specific heat consumption is concerned the national average is reported to be 725 kcal/kg of clinker, taking into account all kilns of different vintages, capacities and processes as well as the quality of fuel used (2). The trend of reduction in specific heat consumption in kilns with higher capacities and 5 or 6 stages of preheaters and precalciner is shown in Fig 6. It may be relevant to mention that the best value of thermal energy consumption is 667 kcal/kg clinker.

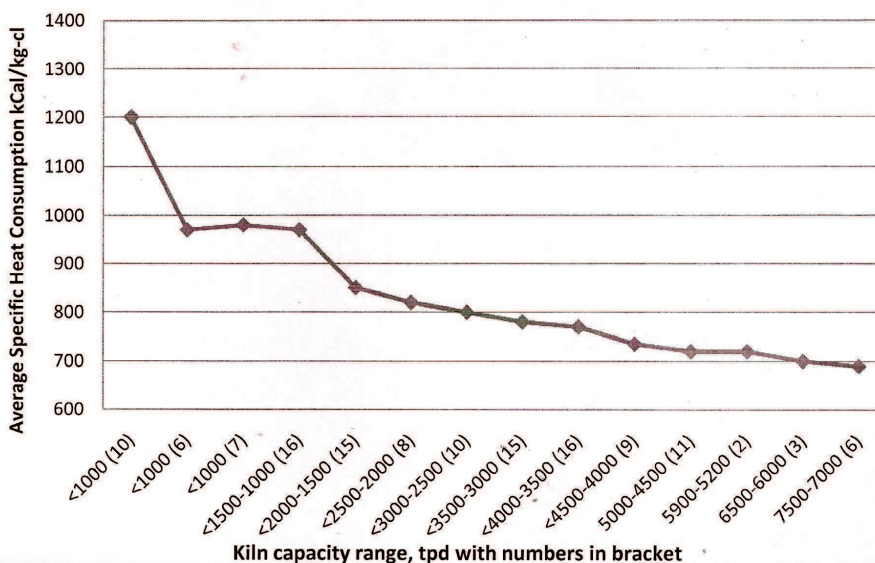
4.4. Electricity consumption

Nationally speaking, the average specific power consumption of modern plants is reportedly 82 kwh/t of cement (2), while the overall range is 70 to 90 units. For the old plants it varies from 100 to 120 units (3). The specific power consumption is observed to be variable even for the type and grade of cement. A typical set of data is furnished in Table 5. The best value achieved in the country is 68 kWh/t of cement.

The cement industry in India has preferred the route of self-sufficiency in captive power generation so as to minimize its dependence on the national power grid. At the end of 2009 the captive power generation in the cement industry was as follows:

- Diesel based: 958.06 MW
- Coal/Gas based: 1177.49 MW
- Wind Farms: 84.90 MW

There is a visible emphasis of the industry to increase the installation of wind farms and to move more and more towards the renewable energy sources.



Rys. 6. Przybliżona zależność zużycia ciepła od wydajności pieca.

Fig. 6. Illustrative relationship between kiln capacity and heat consumption.

In the context of captive power generation it may be worthwhile to mention about the adoption of waste heat recovery system in the Indian cement industry. It is generally estimated that 4.4 MW of electricity can be generated from 1.0 million tonnes per annum capacity plants by waste heat recovery. As of now there is a tentative estimate that the industry has a potential of generating about 400 MW through this technology but only 13.5 MW is in operation and 71.5 MW is under installation. Although the capital cost of cogeneration of power is double that of setting up coal-based thermal power plants, the electricity generation cost is one-twentieth that of thermal power. This cogeneration approach also has the benefit of reducing the carbon dioxide emission.

że najniższe zużycie ciepła wynosi obecnie 667 kcal na kilogram klinkieru.

Tabela 5 / Table 5

JEDNOSTKOWE ZUŻYCIE ENERGII DLA RÓŻNYCH RODZAJÓW CEMENTU
SPECIFIC POWER CONSUMPTION VIS-À-VIS THE CEMENT VARIETIES

4.4. Zużycie energii elektrycznej

Podaje się, że średnie zużycie energii elektrycznej w nowoczesnych cementowniach osiąga poziom rzędu 82 kWh na tonę cementu (2) i waha się w przedziale pomiędzy 70 i 90 kWh. W starszych zakładach zużycie to waha się

od 100 do 120 kWh (3). Zużycie energii elektrycznej zależy, jak wiadomo, od rodzaju i klasy cementu. Przykładowe dane podano w tablicy 5. Najmniejsze zużycie energii elektrycznej w krajowym przemyśle cementowym wynosi 68 kWh/t cementu.

Indyjski przemysł cementowy zdążył w kierunku samowystarczalności w zaopatrzeniu w energię elektryczną, by uniezależnić się od sieci krajowej. Pod koniec 2009 roku ta część energii elektrycznej w cementowniach pozyskiwana była z następujących źródeł:

Diesel:	956,06 MW
Węgiel/ gaz:	1179,49 MW
Urządzenia wiatrowe:	84,90 MW

W przemyśle występuje wyraźny nacisk na rozwijanie instalacji wiatrowych i zwiększanie udziału odnawialnych źródeł energii.

W kontekście wykorzystywania własnych źródeł energii należy wspomnieć o metodach zmniejszania strat energii w indyjskim przemyśle cementowym. Szacuje się, że istnieje możliwość odzysku 4,4 MW w cementowni o zdolności produkcyjnej jednego miliona ton rocznie, w wyniku wykorzystania resztkowych form energii, związanych z wypałem klinkieru. Obecnie, ostrożne szacunki mówią, że potencjalnie indyjski przemysł cementowy może uzyskiwać około 400 MW tą drogą, jednak jedynie 13,5 MW jest wykorzystywane, a 71,5 MW znajduje się w stadium prac instalacyjnych. O ile nakłady związane z równoległym uzyskiwaniem energii elektrycznej w cementowni są dwukrotnie większe niż koszty budowy elektrowni węglowej, to jednak koszty wytwarzania energii elektrycznej stanowią jedną dwudziestą tych kosztów w elektro-ciepłowni. To podejście równoległego wytwarzania energii elektrycznej w cementowni niesie ze sobą potencjalne korzyści w postaci zmniejszenia emisji dwutlenku węgla.

4.5. Oddziaływanie na środowisko

Wpływ na środowisko przemysłu cementowego można podzielić na następujące zagadnienia:

- a. Emisja pyłów: indyjskie normy emisji pyłów dla dużych zakładów cementowych włącznie z przemiałowniami, wyznaczają graniczny poziom 100 mg/ Nm³ dla zakładów zlokalizowanych na terenach zurbanizowanych i 150 mg/Nm³ dla zakładów

Rodzaj cementu Type of cement	Produkcja Production x 10 ⁶ t	Jednostkowe zużycie energii Specific power consumption kWh/t cement	
		Zakres/Range	Średnie/Average
Cement portlandzki Ordinary Portland cement grades 43 and 53	55.97	85-110	90
Cement portlandzki pucolanowy Portland pozzolana cement	60.23	75-105	85
Cement portlandzki żużłowy Portland slag cement	10.73	75-105	80

4.5. Environmental performance

The environmental performance of the industry can be seen in the following perspective:

- a. Dust emission: Although the Indian emission standard for existing large plants including grinding units is 100 mg/Nm³, when located in populated urban areas and 150 mg/Nm³ for plants located outside such areas, for all new plants the norm has been fixed at 50 mg/Nm³. On the whole 95 percent of the plants comply with the standard emission norms.
- b. Gaseous emissions: NO_x, SO_x, and CO₂ gases are the major emissions in the cement industry, for which no operative national standards have yet been enforced. By and large, the periodic measurements in the country indicate that the plants comply with the World Bank norm of 600 and 400 mg/Nm³ for NO_x and SO_x respectively without any special measures. So far as the carbon dioxide emission is concerned, India had brought down the specific emission from 0.98 kg/kg of cement to about 0.94 kg/kg of cement between 1990 and 2000. The estimates made by the author on the basis of 2004-05 data of cement and clinker production showed that the CO₂ emission had come down further to 0.78 kg/kg of cement or further 17 percent reduction from the 2000 level, which was primarily due to the increased production of blended cements, lower consumption of clinker and overall energy conservation in more recent and modern plants.
- c. Ambient air quality: The national ambient air quality requirements are shown in Table 6. The modern cement plants are all able to comply with these norms. The new generation large capacity units of 8000 to 12000 tpd are reportedly even excelling these norms.
- d. Utilization of industrial wastes: The cement industry has been the pioneer in the utilization of fly ash generated in the coal-fired power plants to the extent of about 35.0 million tonnes. Similarly the entire quantity of 8.0 million tonnes of granulated blast furnace slag is used up in making Portland slag cement.

It should also be noted that wastes like paint sludge, ETP* sludge, refinery sludge, tar, plastic waste, etc. have been successfully fired in cement kilns. There is an on-going emphasis on co-processing

Tablica 6 / Table 6

WYMAGANIA DOTYCZĄCE JAKOŚCI POWIETRZA, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

AIR QUALITY REQUIREMENTS, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nr Sl. No.	Kategoria Category	SPM	SO ₂	NO _x
A	Przemysłowy Industrial	500	120	120
B	Mieszkaniowy Residential	200	80	80
C	Wrażliwy Sensitive	100	30	30

*SPM / *ETP

znajdujących się poza tymi terenami. Jednak dla wszystkich nowych zakładów poziom ten został zmniejszony do 50 mg/Nm³. Ogólnie 95% zakładów cementowych spełnia standardy emisji pyłów.

- b. Emisja gazów: głównymi emitowanymi substancjami gazowymi, dla których żadne państwowe normy nie zostały jeszcze wprowadzone są NO_x, SO_x, i CO₂. Ogólnie mówiąc, okresowe pomiary wykazują, że cementownie mieszczą się w normach Banku Światowego wynoszących 600 i 400 mg/Nm³ odpowiednio w przypadku NO_x, SO_x bez podejmowania specjalnych działań. W przypadku emisji dwutlenku węgla cementownie w Indii zmniejszyły tę emisję z 0,98 kg/kg wyprodukowanego cementu do 0,94 kg/kg pomiędzy rokiem 1990, a 2000. Szacunki przeprowadzone przez autora na podstawie danych z lat 2004-05 dotyczących produkcji cementu i klinkieru wykazują, że emisja CO₂ została zmniejszona do poziomu 0,78 kg/kg cementu, a więc o 17% w stosunku do poziomu z roku 2000, co wynikało w głównej mierze ze wzrostu produkcji cementów wieloskładnikowych, mniejszego zużycia klinkieru i ogólnej oszczędności energii w najnowocześniejszych zakładach.

- c. Jakość powietrza: krajowe normy jakości powietrza zostały zaprezentowane w Tabeli 6. Nowoczesne cementownie speł-

Tablica 7 / Table 7

PRODUKCJA RÓŻNEGO RODZAJU CEMENTÓW, W MILIONACH TON

PRODUCTION OF CEMENT OF DIFFERENT TYPES, MILLION TONNES

Rok / Year	OPC	PPC*	PBFS*	SRC*	IRST* 40	Inne /Others	Razem / Total
1989	29.77	7.50	4.53	-	-	0.27	42.07
	70.76%	17.83%	10.78%			0.6%	
1999	61.73	19.99	9.34	0.15	0.14	0.37	91.72
	67.30%	21.80%	10.18%	0.17%	0.15%	0.40%	
2005	56.74	68.46	10.85	0.10	0.45	0.07	136.67
	41.52%	50.09%	7.94%	0.07%	0.33%	0.05%	
2006	50.32	89.36	12.66	0.06	0.53	0.06	152.99
	32.89%	58.41%	8.28%	0.04%	0.34%	0.04%	
2007	43.39	107.05	13.33	0.05	0.55	0.08	164.45
	26.38%	65.10%	8.10%	0.03%	0.34%	0.05%	
2008	44.26	117.88	14.44	0.06	0.46	0.07	177.17
	24.98%	66.53%	8.15%	0.04%	0.26	0.04%	
2009	49.06	136.26	15.89	0.10	0.44	0.08	202.7
	24.20%	67.21%	7.84%	0.05%	0.22%	0.05%	

*PPC – cement portlandzki pucolanowy, PBFS – cement portlandzki żuźlowy, SRC – cement odporny na siarczan, IRST – cement do produkcji betonowych podkładów kolejowych

of waste oil, organic solvents, refuse derived fuel, municipal solid waste and tyre chips.

4.6. Product mix and application

The Indian cement industry has shown a major shift in product mix during the last decade (see Table 7).

More and more blended cements are being produced. The environmental and sustainability issues may demand the same trend to continue.

The use of cement in India can be categorized as follows: Housing 64%, Infrastructure 17%, Commercial and institutional structures 13% and industrial construction 8%. In order to increase the consumption of cement in the infrastructure constructions, an emphasis has been laid on laying concrete roads in partial replacement of bituminous roads.

5. The road ahead and the future challenges

5.1. Raw material resources

Keeping in view the ambitious plan of enhancing the installed capacity of cement production to a level of 550 million tonnes by 2020, a major thrust is required to convert the “probable” and “possible” categories of limestone reserves into “proven” category. India is endowed with large limestone resources but much of it is marginal in quality with high silica or high magnesia or high iron oxide contents or with their combinations. Hence, a specific challenge lies in developing economically viable beneficiation technologies for lower grades of limestones without sacrificing the benefits of operating large capacity dry process kilns.

niają wymagania wszystkich podanych norm. Zakłady o dużej wydajności od 8000 do 12000 ton na dobę spełniają te wymagania w pełni.

- d. Utylizacja odpadów przemysłowych: przemysł cementowy był pierwszym, w którym zastosowano rozwiązania związane z zagospodarowywaniem popiołów lotnych powstających w elektrowniach opalanych węglem. Zużycie tego odpadu sięgnęło 35 milionów ton. Podobnie 8 milionów ton granulowanego żużla wielkopieczowego jest wykorzystywanych do produkcji cementu portlandzkiego żużlowego. Należy również podkreślić, że odpady takie jak szlasy z przemysłu farbiarskiego, rafineryjnego czy ETP*, jak również smoła czy odpady plastikowe, lub podobne mogą być spalane w piecach cementowych. Istnieje ciągle nacisk na wykorzystanie także zużytych olejów, rozpuszczalników organicznych, odpadów z przemysłu paliwowego, stałych odpadów komunalnych i zużytych opon.

4.6. Produkcja i wykorzystanie

W okresie ostatniej dekady indyjski przemysł cementowy zanotował znaczny wzrost rodzajów produkowanych cementów (patrz tablica 7).

Obecnie produkowanych jest coraz więcej rodzajów cementów. Wymagania dotyczące ochrony środowiska i zagadnienia związane ze zrównoważonym rozwojem spowodują utrzymanie się tych tendencji w przyszłości.

Zużycie cementu w Indiach może być podzielone w następujący sposób: budownictwo mieszkaniowe 64%, infrastruktura 17%, budownictwo komercyjne i instytucjonalne 13%, budownictwo przemysłowe 8%. W celu zwiększenia zużycia cementu w budownictwie infrastrukturalnym, kładziony jest nacisk na budowanie betonowych dróg i stopniowe zastępowanie przez nie nawierzchni bitumicznych.

*ETP - zakład przeróbki śmieci

5.2. Reducing the clinker component in cement

Both from the environmental angle as well as from the perspective of raw materials base, the strategy for reducing the clinker component in the final cement is essential. In order to meet this objective the developmental activities have been taken on hand to introduce composite cement containing more than one waste material. While these kinds of cement formulations are being made and used in other countries, the Bureau of Indian Standards is yet to come out with a national standard on such composite cements. The research institutions and the industry are in the process of generating durability data for such composite cements. Further, the industry now recognizes the potential of incorporating various other solid wastes like the steel slags, non-ferrous slags, marble dust, etc. in cement either as performance improvers or as inert fillers. Emphasis is being laid to realize this potential.

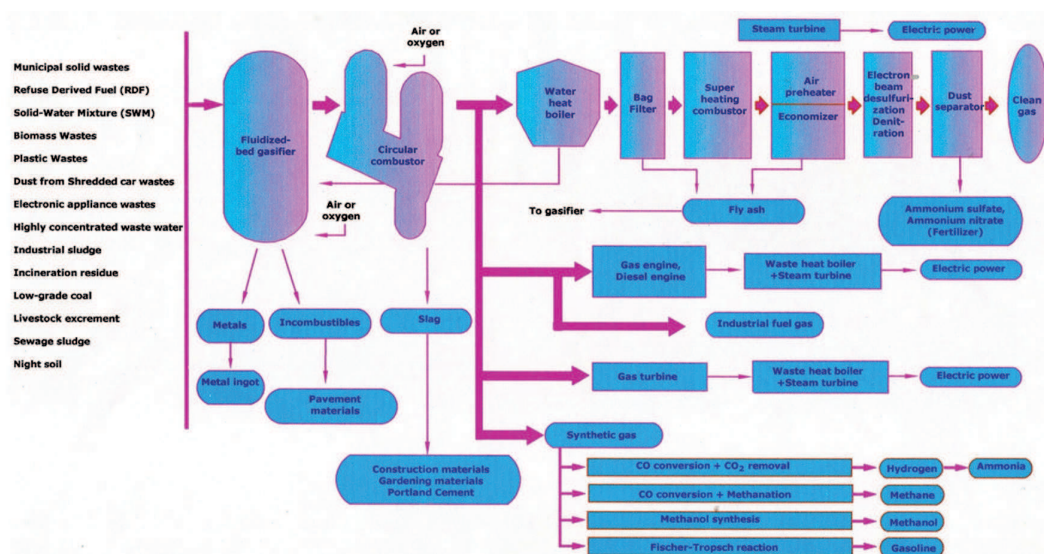
5.3. Using high-ash coal

India has large reserves of bituminous coal but containing high proportions of ash. The cement industry in India over the decades perfected the burner design for combustion of such coals in kilns. But availability of even high ash coal is proving to be a bottleneck for the growth of the cement industry.

In order to be in a position to handle still higher ash content in coal combustion as well as to efficiently fire the alternative refuse derived fuels, the feasibility of adoption of fluidized bed gasification and combustion technology is being examined (Fig. 7).

5.4. Beneficiation of phosphogypsum

The Indian cement industry is primarily dependent on phosphogypsum coming from the fertilizer industry as the occurrence and reserves of mineral gypsum are scarce. In fact, the industry has often taken recourse to importing mineral gypsum from other countries, as the presence of impurities like phosphorus and fluorine



Rys. 7. Technologia gazyfikacji i spalania w warstwie fluidalnej.

Fig. 7. Fluidised bed gasification and combustion technology.

5. Przyszłość i perspektywy rozwoju

5.1. Źródła surowców

W związku z ambitnym planem zwiększenia zdolności produkcyjnej przemysłu do 550 milionów ton cementu w roku 2020, główny nacisk położono na zamianę kategorii złóż wapieni z „prawdopodobnych” i „możliwych” na „udokumentowane”. Indie posiadają duże złoża wapieni, lecz w wielu z nich zalegają wapienie margliste o znacznej zawartości tlenków krzemu, magnezu lub żelaza lub kombinacji tych składników. Stąd wynikają wyzwania związane z odkrywaniem ekonomicznie opłacalnych technologii dostosowanych do wykorzystywania takich wapieni, bez utraty korzyści płynących z zastosowania metody suchej do produkcji cementu.

5.2. Zmniejszenie zawartości klinkieru w cemencie

Zmniejszenie zawartości klinkieru w cemencie ma ważne znaczenie z powodów związanych z ochroną środowiska jak i bazą surowcową. Dla osiągnięcia tego celu podejmowanych jest wiele działań mających za zadanie wprowadzanie do produkcji cementów wieloskładnikowych, zawierających więcej niż jeden surowiec odpadowy. Wiele krajów dopuściło do obrotu tego rodzaju cementy, jednak Indyjski Komitet Normalizacyjny, nie wprowadził jeszcze narodowej normy dla tych cementów. Instytuty badawcze oraz przemysł cementowy są w trakcie gromadzenia danych dotyczących wytrzymałości cementów wieloskładnikowych. Co więcej, przemysł rozpoznaje właśnie możliwości zastosowania różnych innych stałych odpadów jak żużle z przemysłu stalowniczego i metali nieżelaznych czy pył marmurowy, pod kątem ich wykorzystania zarówno jako składników aktywnych jak i obojętnych wypełniaczy. Kładziony jest nacisk na wykorzystanie możliwości technologicznych dotyczących tych surowców.

5.3. Wykorzystanie węgla o dużej zawartości popiołu

Indie mają znaczne zasoby węgla kamiennego, jednak o dużej zawartości popiołu. Przemysł cementowy od dziesięcioleci udoskonala konstrukcje palników dla spalania takich węgla w piecach cementowych. Jednak dostępność węgla nawet z dużą zawartością popiołu stanowi wąskie gardło dla rozwoju przemysłu cementowego. Z powodu konieczności operowania coraz większą ilością popiołu w procesie spalania węgla jak również konieczności efektywnego spalania paliw zastępczych, badania nad technologią spalania są nadal prowadzone (rysunek 7).

5.4. Korzyści ze stosowania fosfogipsu

Indyjski przemysł cementowy jest w głównej mierze zależny od fosfogipsu pochodzącego z przemysłu nawozów sztucznych ponieważ występowanie gipsu naturalnego jest rzadkie, a jego zasoby są niewielkie. W rzeczywistości przemysł często ucieka się do importu naturalnego gipsu, ponieważ obecność zanieczyszczeń, a przede wszystkim fosforu i fluoru w fosfogipsie, często czyni go nieodpowiednim do produkcji cementu. Stąd, przemysł dąży do opracowania technologii zwiększenia pH fosfogipsu, usunięcia

in phosphogypsum often makes it unsuitable for use particularly in the manufacture of blended cements. Hence, the industry is in the process of trying out technologies for improving the pH of phosphogypsum, removal of impurities, enhancing its flow properties and so on.

5.5. Newer uses of cement and concrete

As we all know, the uses of cement are essentially in the forms of mortars, plasters and concrete. It has already been mentioned that the per capita consumption of cement is much lower than the world average, so is the per capita consumption of concrete. Attempts are being made, therefore, to increase the use of cement and concrete in the following areas.

- Concrete road,
- White topping over existing bituminous roads as a repair technology,
- Cement and fly ash based bricks and blocks in masonry construction,
- Precast concrete elements in mass housing schemes,
- Cement concrete lining to canals for reducing seepage losses,
- Cement polymer composites for repair and rehabilitation of damaged RCC structures.

5.6. Reduction of carbon dioxide emission

With the present pace of growth of the cement industry it is expected that by 2015 the CO₂ emissions may exceed 200 million tonnes compared to the present level of about 150 million tonnes. This increase will take place in spite of extensive adoption of energy conservation measures and large production of blended cements which helped reduce the national specific emission to 0.75 kg/kg of cement in 2005. Although there have been some further reduction by 2011, it appears that the usual techniques of energy conservation and blended cement production would not bring down the specific CO₂ emissions any further (Fig. 8)

Future, therefore, lies in considering CO₂ as a potential resource for cogeneration of chemicals, geosequestration in coal bed methane, etc. (4).

5.7. Cogeneration of power

It has already been mentioned that the industry has a large potential of generating electricity from waste heat recovery. More emphasis is being laid on this approach.

5.8. Researches in nano-particulate cements

One of the most significant developments in cement technology is establishing the adoption of nano technology in this field. The following beneficial effects are perceived, if nano particles are incorporated in the cement matrix:

- It may increase the viscosity of the aqueous phase, helping in grain suspension.
- It may fill up the intergranular voids.

zanieczyszczeń, poprawy właściwości reologicznych, a więc jego udatnienia.

5.5. Nowoczesne metody stosowania cementu i betonu

Jak wiadomo, cement jest podstawowym składnikiem zapraw murarskich, tynków i betonów. Jak wcześniej wspomniano, zużycie cementu na jednego mieszkańca jest znacznie mniejsze od średniej światowej. Podobnie ma się sprawa w przypadku zużycia betonu. Dlatego czynione są próby zwiększenia wykorzystania cementu i betonu w następujących dziedzinach:

- drogi betonowe,
- nawierzchnie naprawcze na istniejących drogach o nawierzchni bitumicznej,
- cementowe i oparte na popiołach lotnych cegły i bloki wykorzystywane w przemyśle murarskim,
- betonowe prefabrykaty wielkogabarytowe w budownictwie mieszkaniowym,
- betonowe okładziny kanałów zmniejszające straty wynikające z przesiąkania,
- kompozyty polimerowo-cementowe wykorzystywane do napraw i rekonstrukcji zniszczonych konstrukcji betonowych.

5.6. Zmniejszenie emisji dwutlenku węgla

Szacuje się, że przy zachowaniu obecnego tempa rozwoju przemysłu cementowego, emisja CO₂ może przekroczyć 200 milionów ton w roku 2015, podczas gdy obecnie wynosi 150 milionów ton. Ten wzrost będzie miał miejsce pomimo rozległych działań podjętych na rzecz oszczędności energii i dużej produkcji cementów z dodatkami mineralnymi, co pozwoliło ograniczyć krajową emisję do 0,75 kg/kg cementu w roku 2005. Jakkolwiek odnotowano pewne dalsze jej zmniejszenie do 2011 roku, wydaje się że konwencjonalne techniki oszczędności energii oraz produkcja cementów wieloskładnikowych nie wystarczą do zmniejszenia w przyszłości poziomu emisji CO₂ (rysunek 8).

W przyszłości zatem należy rozważyć zastosowanie CO₂ jako potencjalnego substratu do wtórnego przerobu chemikaliów, gromadzenia metanu w pokładach węgla i w innych tego rodzaju technologiach.

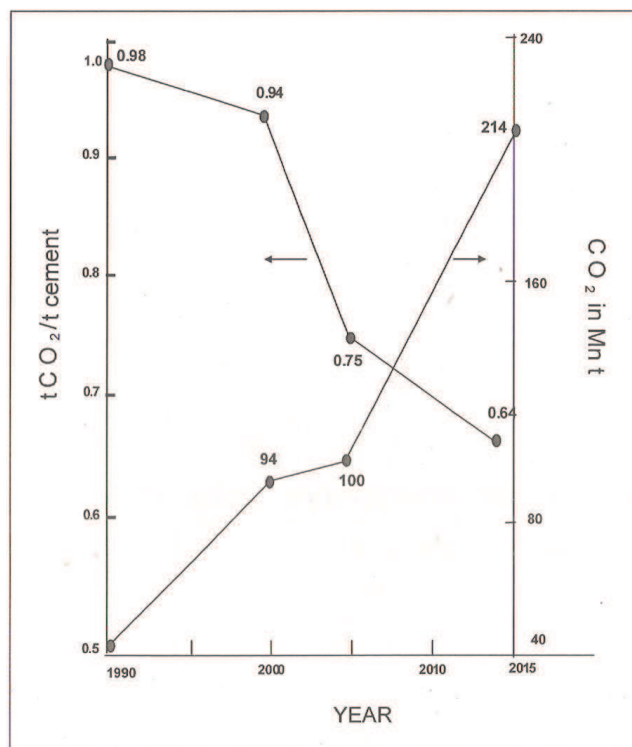
5.7. Wtórne wytwarzanie energii

Jak wspomniano już wcześniej, przemysł cementowy ma duży potencjał do wytwarzania elektryczności z wykorzystaniem ciepła odpadowego. Na zagadnienie to kładzie się obecnie duży nacisk.

5.8. Badania cementów z dodatkiem nano-cząstek

Jedną z najważniejszych zmian w technologii cementu jest wykorzystanie nanotechnologii. Wbudowywanie nano-cząstek w matrycę cementową może nieść za sobą następujące korzyści:

- zwiększenie lepkości fazy ciekłej,
- wypełnianie międzyziarnowych pustek,



Rys. 8. Kierunki zmniejszenia emisji CO₂.

Fig. 8. Trend of CO₂ emission reduction.

- It may act as centers of crystallization of the C-S-H phase.
- Nanosilica may improve the pozzalanicity of the system
- It also has the capacity of crack arresting and interlocking between the slip planes.

Some of the trials conducted with incorporation of small amounts of nano-particles in cement matrix have shown significant increase in strength. It is expected that with the same amount of cement the nano particles may be able to either achieve enhanced performance of concrete or for the same level of performance they may be able to reduce the quantity of cement in concrete. It must be admitted at this stage that substantial research work is needed before this technology reaches the stage of commercial adoption.

6. Conclusion

The cement industry in India has seen a phenomenal growth in its century-old history. However, the growth has been accompanied with fluctuating fortunes as the industry moved from control to decontrol, from shortage to surplus, from sellers to buyers market. The present trends of mergers and acquisitions by the domestic and multinational players, the changing profile of the concrete and construction industry low per capita consumption of cement, complex raw materials base, strong environmental and sustainability compulsions and a highly competitive market have created an environment in which the cement industry will have to grow and grow rapidly. Notwithstanding the adversities, there is

- spełnianie roli centrów krystalizacji dla fazy C-S-H,
- nanokrzemionka może zwiększyć pucolanowość układu,
- zdolność do hamowania propagacji mikrospektań i blokowania poślizgów między-płaszczyznowych,

Niektóre prowadzone próby dodatku niewielkiej ilości nano-cząstek do matrycy cementowej pokazały znaczący przyrost wytrzymałości. Oczekuje się, że przy tej samej ilości cementu, nano-cząstki mogą spowodować albo zwiększoną wydajność produkcji betonu, lub przy tej samej wydajności zmniejszyć zawartość cementu w betonie. Należy jednak przyznać, że przemysłowe zastosowanie tej technologii wymaga jeszcze przeprowadzenia pogłębionych badań.

6. Podsumowanie

Indyjski przemysł cementowy zanotował w ciągu swojej stuletniej historii fenomenalny wzrost. Jednak wzrostowi temu towarzyszyły zmiany koniunktury, okresy regulacji i deregulacji, deficytu i nadwyżek, rynku sprzedawcy i kupującego. Obecne tendencje związane są z łączeniem jak i przejściem zarówno przez krajowe jak i międzynarodowe koncerny pojedynczych zakładów, lub małych firm. Wynika to ze zmiany profilu przemysłów betonowego i materiałów budowlanych, niskiego zużycia cementu w przeliczeniu na jednego mieszkańca, kompleksowej bazy surowcowej, wymagań związanych z ochroną środowiska i zrównoważonego rozwoju oraz dużej konkurencyjności rynku tworzą warunki, w których indyjski przemysł cementowy musi dynamicznie się rozwijać. Bez względu na przeciwności istnieje silne przekonanie, że rynek będzie się rozwijał poprzez przyjmowanie wielopłaszczyznowych strategii wzmocnienia bazy surowcowej, rozwój nowoczesnych technologii spalania paliw, zmniejszenia zawartości klinkieru w cementach wieloskładnikowych, ograniczanie emisji dwutlenku węgla oraz poszukiwanie nowych możliwości wykorzystywania cementu i betonu. Indie powinny przynajmniej podwoić obecny poziom konsumpcji cementu tak szybko jak to możliwe, by wesprzeć rozwój gospodarczy kraju.

a strong optimism that the industry will grow to newer heights by adopting multipronged strategies of reinforcing its raw materials base, by adopting newer technologies of fuel combustion, by reducing clinker content in composite cements, by reducing carbon dioxide emission and by finding newer avenues of using cement and concrete. The country will have to achieve at least twice the present per capita consumption of cement as early as possible to support the economic progress.

Literatura / References

1. A. K. Chatterjee, The cement industry – a global techno commercial perspective, IOM Seminar, Mumbai, January 1996.
2. Performance of Cement Industry, 95th Report, Parliament of India, New Delhi, 24th February 2011.
3. Cement Manufacturers Association, Basic Data 2010, New Delhi, May 2010.
4. A. K. Chatterjee, A strategy for recycling and sequestration, World Cement March 2008.