

BÖLÜM 8

PORTLAND ÇİMENTOLARI, KALSİYUM VE MAGNEZYUM BİLEŞİKLERİ



1. PORTLAND GİMENTOLARI

Önceleri, doğal olarak bulunan kayalar, kalsinasyon işlemi yapıp su katılarak sertleştirilmiştir. Bu şekilde elde edilen ürünler "Gimento" olarak kullanılmıştır. Gimento endüstrisindeki gelişmeler; fizikokimyasal gelişmeler ve kimya mühendislerinin; gazlı hammaddeler kullanarak çok iyi kontrol edilen etkin ve modern prosesleri oluşturmaları sonucunda sağlanmıştır.

1.1. Tarihçe

Gimentonun geçmişi, antik çağlara kadar gider. Eski Mısır'da piramitlerin yapılmasında Gimento kullanılmıştır. Eski Yunanlılar ve Romalılar, volkanik kaya tüflerini (Sünger taşı) kireci ile karıştırılarak elde ettikleri Gimentoyu yapılarda kullanmıştır.

Bilimsel anlamda Gimentonun ilk yapılışı, 1824 yılında İngiliz Joseph Aspdin tarafından gerçekleştirilmiştir. Patentli olan bu gelişmede, kırılgan kireç taşı kalsine edilmiştir. Elde edilen Gimentoya; İngiltere'ye yakın bir ada olan Portland'deki meşhur yapı taşlarına benzerliliğinden dolayı "PORTLAND" adı verilmiştir.

Günümüzde de, kil ve kireç taşı veya benzer madde karışımlarının pizirilmesiyle elde edilen çok sert ürüne, (Klinker) doğal çimento ve diğer çimento çeşitlerinden farklılaştırmak için "PORTLAND" adı verilmiştir.

Beton ve çimento eş anlamlı terimler değildir. Beton suni bir taştır: çimento, su ve kumun kontrollü bir şekilde karıştırılmasıyla oluşturulur.

1.2. Kullanımı ve ekonomisi :

1900'den önce portland çimentosu üretimi pahalı bir süreçle yapıldığı için, kullanımı oldukça azdı. Ancak, teknolojinin gelişmesine paralel olarak bu endüstri dalında da; işçiliği azaltan modern araç-gereçlerin kullanılmaya başlanmasıyla, ucuzlamış ve her alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Evlerin, yolların, barajların, endüstriyel fabrikaların, köprülerin ve daha pek çok alanda kullanılan bir yapı taşı olarak vazgeçilmezliğini ve önemini sürdürmektedir.

1.3 - portland çimentosu çeşitleri :

portland çimentosu; genellikle çertir yapılarıdaki bir veya daha fazla kalsiyum sülfat içeren, hidrolik kalsiyum silikatların toz edilmesiyle elde edilen sert klinker ürün olarak tanımlanır. Hidrolik kalsiyum silikatlar, atmosferdeki CO₂ ile reaksiyona girmeden veya kurutulmadan kendi kendine sertleşme özelliğine sahiptir. Bu özelliği ile, alçı gibi anorganik bağlayıcılardan ayrılır.

5 çeşit Portland Çimentosu vardır.

Tip 1. Normal Portland Çimentosu, inşaatlarda kullanılan klasik ürünlerdir. Bu çimentonun; daha az $Fe(III)$ oksit içeren "beyaz Çimento", "petrol-kuyusu Çimentosu", "çabuk sertleşen Çimento" ve "özel amaçlı çimentolar" gibi diğer türleri de vardır.

Tip 2. Orta derece sertleşme ısı ve sülfata dirençli Çimento;
Bu tip, orta derecede hidrasyon ısısının gerekli olduğu durumlarda veya sülfat etkisine maruz kalan beton yapılar için kullanılır.

Tip 3. Yüksek-erken-dayanıklı (High-early-strength = HES):
(Yüksek sağlamlıkta-erken sertleşen-dayanıklı Portland Çimentosu)
Bu tip, kireç-silika oranı (1)'den daha yüksek olan hammaddelerden yapılır ve (1)'ye göre daha ince öğütülmüştür. Normal Portland Çimentosuna (1) göre, trikalsiyum silikat (C_3S) oranı daha yüksektir. Bu özelliği ve ince öğütülmüş olması, ısının çabuk buharlaşması ve hızlıca sertleşmeye sebep olur. HES çimentosu kullanılarak yapılan yollar, normal çimento ile yapılan yollara göre daha kısa sürede servise sunulur.

Tip4. Düşük ısıli portland çimentosu: C_3S ve trikalsiyum alüminat (C_3A) yüzdeleri düşüktür. Bunun sonucu olarak, ısı salınımı da düşüktür. C_3A miktarını azaltmak için ilave edilen Fe_2O_3 işleminin sonucu olarak tetraalkalsiyum alüminyum ferritin (C_4AF) yüzdesi artırılır. Aslında, salınan ısı 290 ve $295 J g^{-1}$ ($60-70 cal g^{-1}$) değerini, 7. gün ve 28. günler sonunda azmaması gerekir. Bu değer, normal veya HES çimentolarının hidrasyon ısılarından % 15-35 daha azdır.

Tip5. Sülfat-dirençli portland çimentosu: Bu tip, bileşimi veya prosesinden dolayı diğer dört tip portland çimentosuna göre, sülfatlara karşı daha dirençlidir. Bu sebeple, Sülfat direncinin gerekli olduğu hallerde kullanılır. C_3A miktarı normal çimentolara göre daha düşüktür, bunun sonucu olarak, C_4AF içeriği ise yükseltilir.

- air-Entrainment işlemi (Hava giderme = sürüklenme =)
Çimentonun, kuruyarak sertleşmesini önlemek ve donmaya karşı direncini artırmak için yapılan işlemin adıdır. Bu terim, uluslararası anlamda "yeri karıştırılmış çimento kütlesi içindeki küçük hava kabarcıkları" olarak ifade edilir. Çimento içindeki serbest su miktarı bu işlem için önemlidir. Serbest su / çimento oranı; kütleye su içeriğinin çimento içeriğine oranı demektir. Düşük su / çimento oranının, çimentoya sürekli bir dayanıklılık verdiği uzun süreden beri kabul edilen bir görüştür. Bu oran yaklaşık 0,36 olmalıdır ($w/c = 0,36$ 100 kısım çimento = 36 kısım su). Suyun atırısı, çimento içinde kapiler gözenekler oluşturarak dayanıklılığı ciddi olarak yollar.

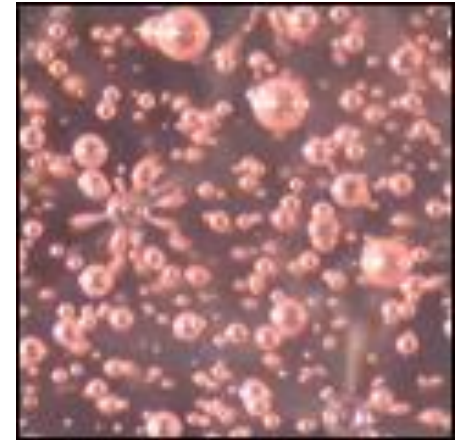
air-entrainment işlemi özellikle; donmaya maruz bırakılan iklimlerde, çimento nun direncini ve sertleşmesini kolaylaştırmak, plastik şeklindeki (sertleşmeden önce) çimento ile çalışılabilirliği artırmak amacıyla uygulanır. 1930'lu yıllardan sonra geliştirilen bir tekniktir. Bu işlemi gerçekleştirmek için çimento içine yüzey aktif maddeler (Sümfaktan, örneğin deterjan) katılır: genellikle bir reçine, sabun veya yağ karışımı.

Çimentonun kalite analizi (serbest su miktarı, bileşimi, tanecek büyüklüğü, çalışılabilirliği, direnci ve dayanıklılığı) bir İngiliz yöntemi olan ve "DOE" olarak adlandırılan bir yöntemle yapılır.

DOE: The British Department of Environment

Sürüklenen Hava Prosesi (Air Entrainment Process)

Hava katan katkı maddeleri bir beton karışımına eklendiğinde, milyonlarca birleşmeyen hava kabarcığı oluşturarak donma-çözünme döngüleri malzemenin neme karşı direncini artırır. Bu işlem hem gerilme hem de basınç dayanımını biraz azaltır, ancak gerilme dayanımındaki azalma genellikle daha az belirgindir. İlginç bir şekilde, hava katma, yalnız beton karışımlarındaki gerilme dayanımını olumlu yönde etkileyebilir, su içeriğinin azaltılmasına ve daha küçük toprak boyutlarının kullanılmasına olanak tanır. Sonuç olarak, hava katma, işlenebilirliğin artması sebebiyle basınç dayanımındaki kaybı kısmen telafi ederek, su ayrışmasının azaldığı daha yapışkan bir beton karışımı oluşturur.



Gizelge 8.1. Portland Çimentolarının Kimyasal Özellikleri.

Bileşenler	Normal, Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5
Silyum dioksit, SiO_2 min. %	-----	20,0	-----	-----	-----
Alüminyum oksit (Al_2O_3), maks. %	-----	6,0	-----	-----	*
Demir(III) oksit (Fe_2O_3), maks. %	-----	6,0	-----	6,5	*
Magnezyum oksit (MgO), maks. %	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Kükürt trioksit (SO_3), maks. %	-----	3,0	3,5	2,3	2,3
$3CaO \cdot Al_2O_3$, % 8 veya daha az olduğunda	2,5	-----	-----	4,5	-----
% 8'den fazla	3,0	-----	-----	-----	-----
Yanma kaybı, maks. %	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Gözünmeyen kalıntı maks. %	-----	0,75	0,75	0,75	0,75
Trikalsiyum silikat ($3CaO \cdot SiO_2$), maks. %	-----	-----	-----	-----	35
Dikalsiyum silikat ($2CaO \cdot SiO_2$), maks. %	-----	-----	-----	-----	40
Trikalsiyum alüminat ($3CaO \cdot Al_2O_3$), %	-----	-----	8	15	7
-----	-----	-----	-----	-----	5

* Trikalsiyum alüminat % 5'den fazla olmamalı ve tetrakalsiyum alüminoferrit ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) ile trikalsiyum alüminatın iki katının toplamı, % 20'yi aşmamalıdır.

II - ÜRETİM İŞLEMLERİ

Portland çimentosununun üretimi için iki tür madde gerekir: Birincisi, kireç taşı, tebeşir vb. gibi kalsiyumca (calcareous) zengin maddeler ile ikincisi, kil gibi silika bakımından zengin maddelerdir. (silika = argillaceous) önceleri; büyük miktarlardaki çimento, New Jersey'de bulunan, adına "çimento kayası" denilen killi kireçtaşından üretilmekteydi. Doğal maddelere ilave olarak; bazı fabrikalar, yüksek fırın curufu ile alümin ve sentetik amonyum sülfat endüstrilerinde yan-ürün olarak ortaya çıkan kalsiyum karbonat gibi maddeleri de çimentoya katmaktadır. Karışımın bileşimini düzenlemek için, bazen küçük miktarlarda kum, atık boksit ve demir de katılmaktadır. Çimentonun donma süresini ayarlamak için %4-5 kadar jips katılır. Çimentoda kullanılan hammaddeler aşağıda gösterilmiştir (A.B.D'de üretilen portland çimentosunda) :

- Kalker (kireç) : Kireç taşı (aragonit, tebeşir, mermer).
Çimento kayası (pekmez toprağı).
İstridyе kabuğu
- Killi maddeler (Argillaceous) : Kil, yumuşak kaya, curuf
ponza taşı, staurolite, boksit ve
volkanik maddeler.

Çimento bileşenleri, %

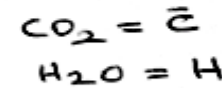
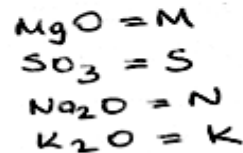
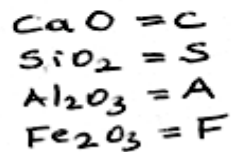


- Silisli maddeler : Kum, kum taşı ve kuartz
- Demirli maddeler : Demir, pirritler ve diğer demir içeren maddeler
- Diğer maddeler : Sps ve anhidrit, yüksek fırın curufları, uçucu ve hafif küller.

Bu hammaddeler, çimento klinkeri oluşturulmak üzere iyice öğütülür, karıştırılır ve bir döner fırında ısıtılır. Fırında gerçekleşen kalsinasyon reaksiyonu ile oluşan en önemli bileşikler aşağıda gösterilmiştir (Gizelge 8.2. klinker bileşikleri):

Formülü	Adı	Kısaltma
$2CaO \cdot SiO_2$	Dikalsiyum silikat	C_2S
$3CaO \cdot SiO_2$	Trikalsiyum silikat	C_3S
$3CaO \cdot Al_2O_3$	Trikalsiyum alüminat	C_3A
$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	Tetrakalsiyum alumina ferrit	C_4AF
MgO	Magnezyum oksit	M

Çimento endüstrisinde klinker bileşikleri için, genellikle kısaltmalar kullanılır:



örnek; Ca_3SiO_5 ($3CaO \cdot SiO_2$) klinkerinin kısaltılmış formülü, C_3S 'dir.

Fırındaki yanma işlemi sırasında; suyun buharlaşması, CO_2 çıkışı ve kireç ile kil arasında reaksiyon gelişmesi gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlar olur; Çizelge 8.3.

Çizelge 8.3. Klinker oluşması sırasında gerçekleşen reaksiyonlar

Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Reaksiyon	ΔH
100	Serbest suyun buharlaşması	Endotermik
500 \leq	hidratize suyun kilden ayrılması	"
900 \leq	Amorf yapılı kil dehidratasyon ürünlerinin kristallenmesi	Ekzotermik
900	Kalsiyum karbonatın CO_2 'e parçalanması	Endotermik
900-1200	Kil ve kireç arasındaki temel reaksiyon	Ekzotermik
1250-1280	Sıvı olutununun başlaması	Endotermik
1280 \leq	Sivülazmanın ilerlemesi ve Çimentoyu oluşturan bileşiklerin tamamlanması	Dengede endotermik

Bu reaksiyonların çoğu katı faz içinde gelişir, ancak prosesin sonuna doğru önemli derecede erime olur.

II-a) Klinker üretim prosesleri :

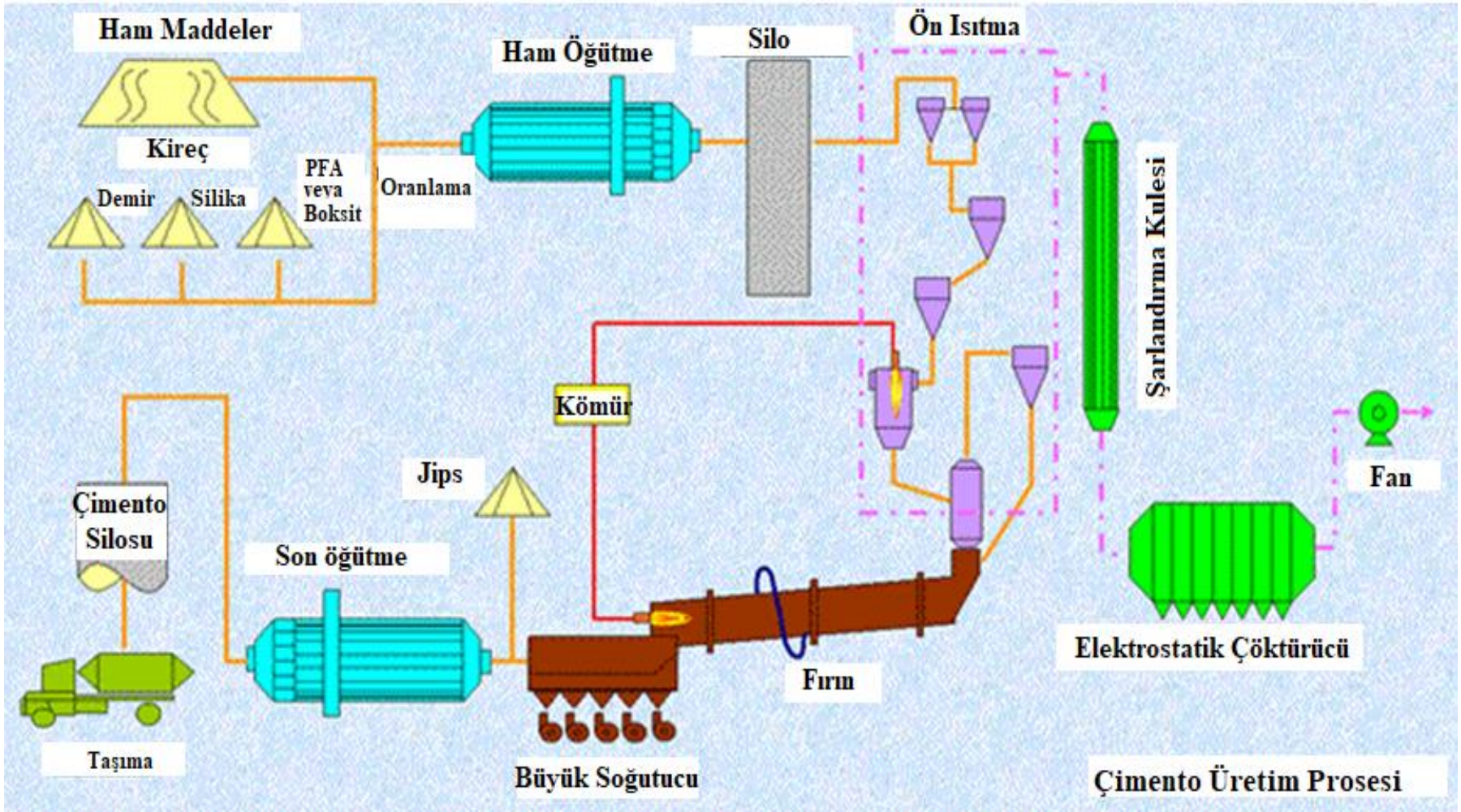
Çimento klinkeri (Curuf), hem yaş (wet processes) hem de kuru (dry processes) yöntem ile üretilmektedir. Her iki yöntemde de, ham maddeleri hazırlamak için "kopalı-döngülü öğütme" "açık-döngülü öğütme"ye tercih edilir. Birincisinde, küçük taneler geçer ancak büyük maddeler geçemediği için geri döndürülür. İkincisinde ise; hammaddeler, arzu edilen tanecek boyutu elde edilene dek sürekli olarak öğütülür (bu yöntemin tercih edilmemesinin nedeni, çok döngülü öğütmenin çok fazla enerji tüketimidir).

Orijinal ilk uygulama olan "Yaş proses" artık günümüzde yeri "kuru prosese" bırakılmıştır. Çünkü, bu proseste ısı kayıpları daha azdır, kontrol mekanizması daha güvenilir ve tamdır ayrıca hammaddelerin karıştırılması da (kuru) başarılıdır. 1980'li yıllardan sonra yeni kurulan çimento fabrikalarında, hemen hemen "kuru sistem" ile klinker üretimi yapılmaktadır.

- Yağ - proses :-Kati maddeler kuru haldeyken parçalanır
 - Küreli değirmenlerde veya ıslak tüp borularında, en iy ve en son tanecik büyüklüğü oluşturulur.
 - Bulamaç şeklindeki karışım, eleklerden veya yuvarlama cihazlarından geçirilir.
 - Gamur, iyileştirme tanklarına gönderilir. Burada, dönen kollar vasıtasıyla iyice karıştırılarak, homojen hale getirilir ve bileşimdeki en son düzenlemeler yapılır.
 - Gamur, sürekli-dönen filitrelerden süzülür ve fırına yerleştirilerek pizirilir.
- Kuru - proses :- Özellikle; doğal çimento kayası, kireçtaşı-kil karışımları, killi şist (pul kaya) ve kayrak taşı gibi hammaddeler için uygulanır.
 - Hammaddeler kabaca parçalanır, döner şekilli değirmenlerden geçirilir.
 - Kurutulur, tanecik büyüklüğü ayarlanır ve boru-değirmenlerde iyice parçalanır.
 - Fırına girmeden önce karışım içinde hava geçirilerek iyice karıştırılarak homojenlanır.
 - Toz halindeki kuru malzeme, içinde kimyasal reaksiyonların gerçekleşeceği fırına verilir.

(* Yağ ve kuru prosesler için, akım-diagramı ŞEKİL 8.1).

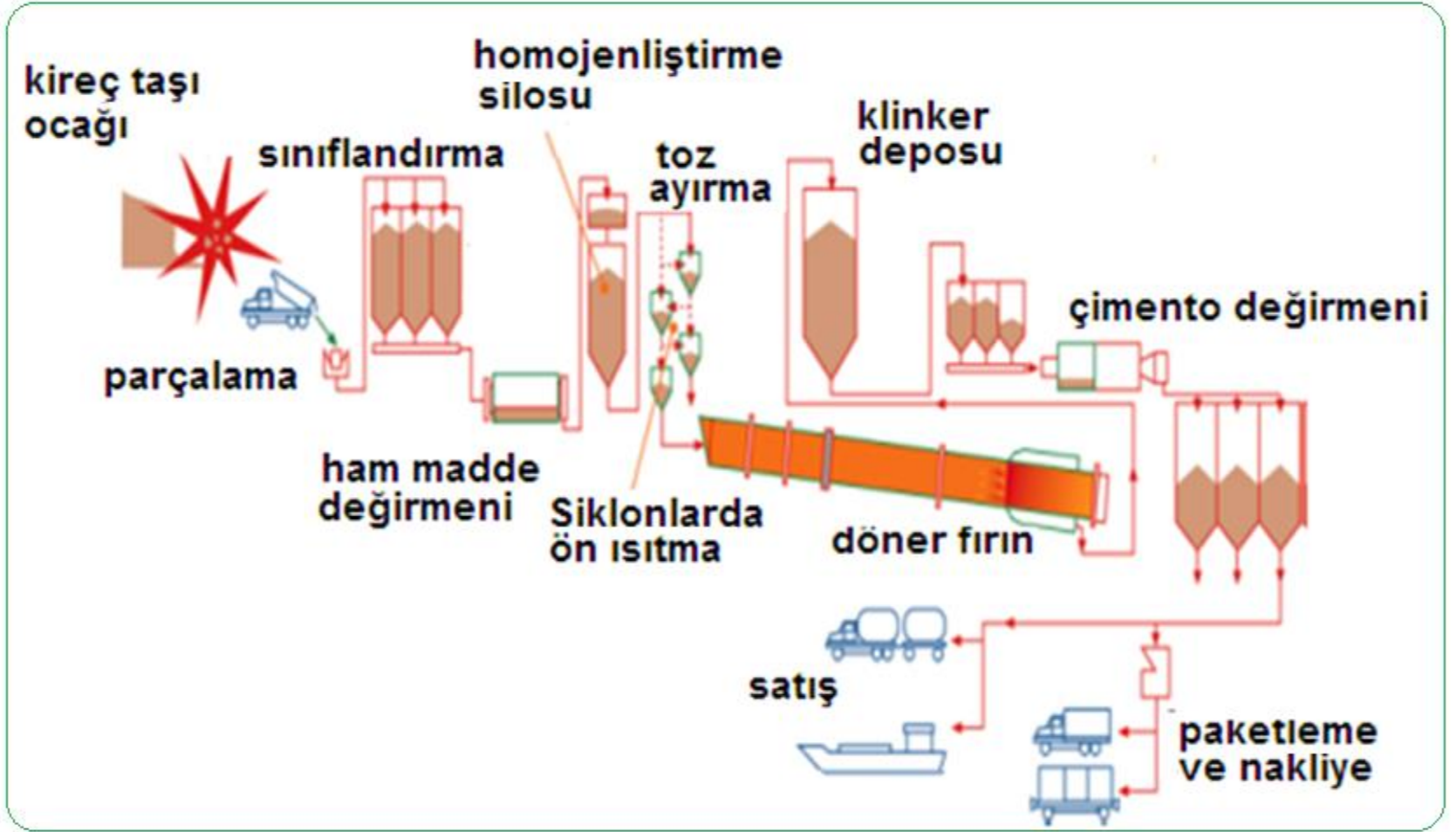
Portland çimentosu üretim prosesi (yaş ve kuru proses)



Ham Maddeler

Çimentonun hidrolik özelliği çimento minerallerinden (kalsiyum silikatlar) kaynaklanmaktadır. Metal oksitler bakımından temel ve en önemli bileşenler CaO , SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 .

Çimento üretim prosesi



Tipik olarak, kireç taşı (%80), silika (%9), uçucu kül (%9), demir (%2) olacak şekilde bir kimyasal bileşime göre hassas bir şekilde hazırlanır ve daha sonra prosese beslenir.

Çimento Nasıl Üretilir?

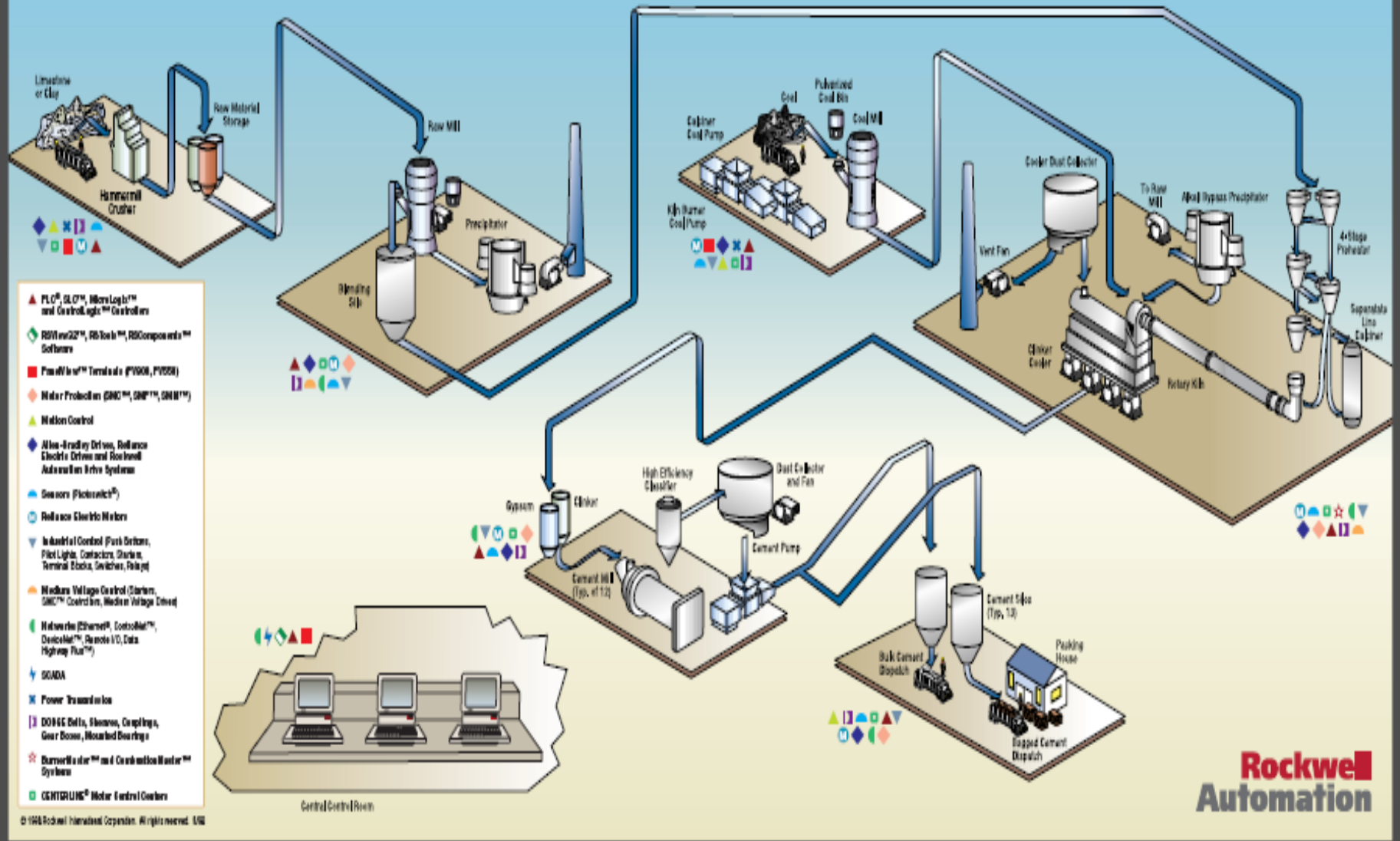
Çimento veya Portland çimentosu, "kireç ve kil karışımının yakılarak klinker oluşturulması ve ardından klinkerin toz haline getirilmesiyle elde edilen hidrolik çimento" olarak tanımlanır. Yeşilimsi gri toz şeklindeki ürün, esas olarak kalsiyum silikatlar, kalsiyum alüminatlar ve kalsiyum ferritlerden oluşur. Su ile karıştırıldığında (Hidratlaştığında), Portland taşına benzer yapay bir kaya şeklinde katılaşır." Portland Taşı, Büyük Britanya'daki Portland Adası'ndan gelen sarı bir kireç taşıdır. Tarihsel olarak, çimento erken Roma İmparatorluğu'na kadar gider ve Roma İmparatorluğu'nun büyük yapılarının inşasında kullanılmıştır. Aynı temel bileşenlerin miktarları ve türleri değiştirilerek, çeşitli özelliklere sahip çimento elde edilebilir. Bileşenler daha da değiştirilerek, daha da farklı çimentolar üretilir.

Çimento imalatı, klinker denilen ve seçilmiş ve hazırlanmış çeşitli mineral ham maddelerin karıştırılarak toz haline getirilmesini ve fırında pişirilmesini içerir. Klinker, çimentonun kimyasal bileşimini ve fiziksel özelliğini belirler.



Çimento fabrikasında döner (bilyeli) değirmen

Cement Process



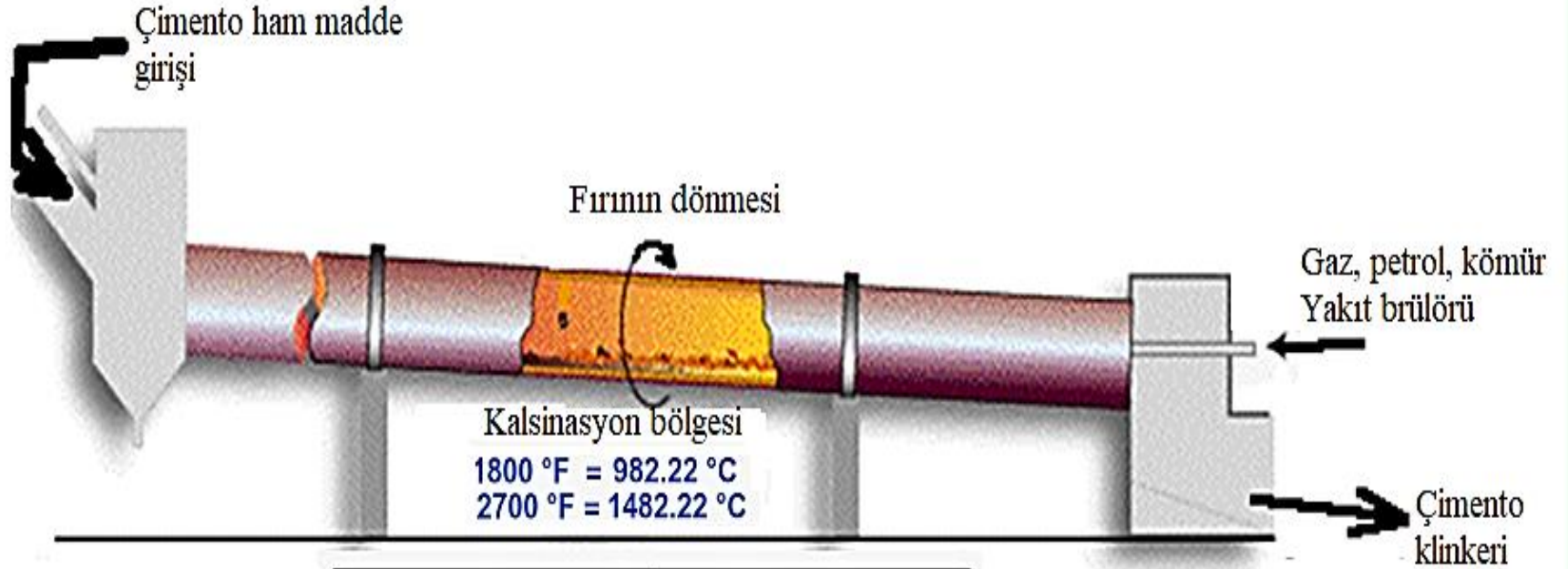
- ▲ PLC[®], SLC[™], MicroLogix[™] and ControlLogix[™] Controllers
- ◆ RSCi[™], RSCi2[™], RSCi3[™], RSCi4[™], RSCi5[™] Software
- PowerFlex[™] Drives (P1000, P1500)
- ◆ Motor Protection (SMD[™], SMD[™], SMD[™])
- ▲ Motion Control
- ◆ Axis-Braking Drives, Reliance Electric Drives and Horizontal Automation Drive Systems
- ◆ Sensors (Photoelectric[®])
- ◆ Reliance Electric Motors
- ▼ Industrial Control (Push Buttons, Pilot Lights, Contactors, Starters, Terminal Blocks, Switches, Relays)
- ◆ Medium Voltage Control (Starters, SMC[™] Control, Medium Voltage Drives)
- ◆ Motorworks (EtherNet[™], ControlNet[™], DeviceNet[™], Remote I/O, Data Highway Plus[™])
- ◆ SCADA
- ◆ Power Transmission
- ◆ DODAC Drives, Motors, Couplings, Gear Boxes, Mounted Bearings
- ◆ SmartWelder[™] and ConditionMaster[™] Systems
- ◆ CENTERLINE[®] Motor Control Centers

© 1998 Rockwell International Corporation. All rights reserved. 1/98

• Fırımlar :

- Isı, gaz; gaz yağı veya toz kömürden sağlanır.
- Isıl kapasitelerini arttırmak için son yıllarda, uzunlukları artırılmıştır. Kuru-proses için kullanılan fırınların uzunluğu, 45 m; yağ-proses için ise, 90 - 180 m arasında dır.
- Fırımlar hafif meyilli oldukları için üstten konulan maddenin en alttaki yakma ucuna gelmesi yaklaşık 1 ile 3 saatte olur.
- Fırımların dönme hızı, boyutuna bağlı olarak 0,5 ile 2 rpm (round per minute) arasındadır.
- Isıdan tasarruf sağlamak için, ıslah-prosesste, çamur halindeki karışımın içindeki suyun bir kısmı uzaklaştırılır.
- Kuru-prosesste ağıra çıkan gazların sıcaklığı (yaklaşık 800°C), yağ-prosesse göre daha fazladır. Bu gazlardan, fırını ısıtmak için faydalanılır.
- Fırının kimler oluşumu bölümündeki yüksek sıcaklık ve oluşan kimyasal reaksiyonlar azindirici etki yapar. Buna uygun refrakter seçimi önemlidir. Bu amaçla en çok, yüksek-alumina ve yüksek-magnezya tuğlaları kullanılır.

BASİT BİR ÇİMENTO FIRINININ KESİTİ



Celsius to Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9}{5} \times ^{\circ}\text{C}\right) + 32$
Fahrenheit to Celsius	$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$

- Fırınlanan son ürün "klinker":
Yaş ve kuru-proses ile elde edilen en son ürüne "klinker" denir. Klinker: 3 ile 20 mm boyutundaki sert taneçiklerdir. (granül)

- Fırınlamadan sonra yapılan işlemler:

— Fırınlardan alınan klinker, hava-soğutmalı soğutucuya verilir. Burada sıcaklığı kısa sürede, 100-200°C'ye düşürülür.

— Küreli-depömanlerden geçirilerek iyice parçalanarak toz haline getirilir. Bu aşamada; jips, alçı veya kalsiyum lignosülfonat gibi geciktiriciler; air-entrainments (hava giderme işlemi, havayı homojen dağıtan; sürükleyen maddeler) ve su geçirmez maddeler katılır.

— otomatik paketlenmeye gönderilerek paketlenir ve piyasaya sürülür.

Çimento endüstrisi, dünyanın altıncı büyük endüstrisidir. Tüm proses, bilgisayarlarla bağlanmış x-ışınları cihazı kontrol edilir ve otomatik düzeltmeler yapılır.

Son yıllarda, klinker oluşturma sürecindeki sıcaklığı azaltmak için florür içeren akışkanların kullanımı ile ilgili öneriler ve araştırmalar devam etmektedir.

III - Çimento İçindeki Bileşikler :

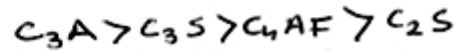
Portland çimentosu, yanma sırasındaki denge koşullarına göre (dengeye ulaşma dereceleri) miktarları değişen bileşiklerden oluşan bir karışımdır. ÇİZELGE 8.3 ve 8.4 çeşitli tiplerdeki portland çimentosu ile normal çimento içindeki bileşenlerin miktarını göstermektedir.

Bu analiz sonuçlarına göre; Portland çimentosunun bileşiminin kaba bir yaklaşımla, $CaO-SiO_2$ sistemine yakın olduğu söylenebilir. Daha ayrıntılı bir yaklaşımla da; $CaO-SiO_2-Al_2O_3$, $CaO-SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$ ve $CaO-SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3-MgO$ sistemlerine uyduğu görülebilir.

IV - Çimentonun Sertleşmesi ve Donması :

Çimentonun sertleşmesi ve donması için bir çok teori ortaya atılmasına rağmen; hidrasyon ve hidroliz'in başlıca etken olduğu görüşü ağırlık kazanmıştır.

Son yıllarda, çimentonun hidrasyonunu sırasında salınan ısı önem kazanmıştır. 28 gün sonunda sertleşme ısısına katkısı da bulunan bileşikler aşağıda görülmektedir.



← sertleşme ısı artar

Çizelge 8.5'de çimento bileşenlerinin sertleşme ısıları gösterilmiştir.

Grizelge 8.3. Portland Çimentosu analizi (% olarak)

	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Alkali oksidleri	SO ₃
Normal Çimento (102 çimento ortalaması)							
Minimum	61,17	18,58	3,86	1,53	0,60	0,66	0,82
Maksimum	66,92	23,26	7,44	6,18	5,24	2,9	2,26
Ortalama	63,85	21,08	5,79	2,86	2,47	1,4	1,73
Yüksek-erken-güçlenme (8 çimento ortalaması) : Yüksek C ₃ S							
Minimum	62,7	18,0	4,1	1,7	.....	.....	2,2
Maksimum	67,5	22,9	7,5	4,2	.....	.....	2,7
Ortalama	64,6	19,9	6,0	2,6	.....	.....	2,3
Düşük sertleşme ısı (5 çimentonun ortalaması) : Düşük C ₃ S ve C ₃ A, Yüksek C ₂ S ve C ₄ AF							
Minimum	59,3	21,9	3,3	1,9	.....	.....	1,6
Maksimum	61,5	26,4	5,4	5,7	.....	.....	1,9
Ortalama	60,2	23,8	4,9	4,9	.....	.....	1,7

Grizelge 8.4. Normal portland çimentosunun % bileşimi.

	C ₂ S	C ₃ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	MgO
Minimum	35,3	0,0	0,0	4,7	1,4	0,60
Maksimum	70,6	33,2	15,5	18,4	3,8	5,24
Ortalama	51,7	21,4	10,5	8,7	2,9	2,47

Grizelge 8.5. Çimento bileşenlerinin sertleşme ısıları (J/g)

Bileşimler	Günler				
	3	7	28	90	365
C ₄ AF	290	495	495	416	377
C ₃ A	888	1557	1378	1302	1168
C ₂ S	50	42	105	176	222
C ₃ S	243	222	377	435	490

Kaynak: Proc. Am. Soc. Test. Mater. 50 1235 (1950)

Grzele 8.5, düşük-ısıli çimentoların, niçin C_3A ve C_3S bakımından düşük fakat C_2S bakımından yüksek olacak şekilde yapıldığını göstermektedir. Bu şekilde ayarlanır:

- ilave edilen Fe_2O_3 'ün fazlası; Al_2O_3 'ü, C_4AF olarak döngünün dışına çıkarır, bunun sonucunda C_3A miktarı azalır
- CaO/SrO_2 oranı azaltılır.

(Bunlar için Grzele 8.4'e bakınız).

Bu şekilde elde edilen düşük-ısıli çimentolar, soğuma ve sertleşme süresince yapıda oluşabilecek ısıli gerilimlerden kaynaklanan çatlama ve kırılmaları önlemek için özellikle büyük boyutların yapılmasında kullanılır. Daha da güvenli olması için bu tür yapılarda, beton kalıtle içine yerleştirilen ve çapı 2,5 cm olan hafif ve ince borular içinden soğuk su geçirilerek soğutma sağlanır.

Grzele 8.6 ve 8.7 çimentonun sertleşmesi ve donma süresi boyunca farklı bileşiklerin görevleriyle ilgili daha ayrıntılı bilgiler vermektedir.

Grzele 8.6. Portland çimentosu içindeki çarptır bileşiklerin dayanıklılığa katkıları

1. gün	-----	$C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$
3. "	-----	$C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$
7. "	-----	$C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$
28. "	-----	$C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$
3 ay	-----	$C_2S > C_3S = C_3A = C_4AF$
1 yıl	-----	$C_2S > C_3S > C_3A = C_4AF$
2 yıl	-----	$C_2S > C_3S > C_4AF > C_3A$

Gızelge B.7. Bileşiklerin fonksiyonu

Bileşikler	Fonksiyonu
C_3A	.. sertleşmeye sebep olur ancak çok hızlı olduğu için Jips gibi geciktiriciler ilave edilerek yavaşlatmak gerekir.
C_3S	7. ve 8. günkü dayanıklılığı sağlar. (İlk dönem = evre).
C_2S ve C_3S	.. 1 yıldaki dayanıklılıktan sorumludur (Son dönem = evre).
Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Mg ve alkali tuzlar	.. Klinker sıcaklığını düşürürler.

Gezitli beton formülasyonları için çimento için, hem çimento kaynağı hem de diğer önemli özellikleri saflaştırılması için, gezitli bileşikler de katılmaktadır. Bunların içinde en önemlileri, süper plastikleştirici naftalin türevleri ile betonarme çelik kalıplarındaki korozyonu önlemek için kullanılan kalsiyum nitrittir.

V - DİĞER ÇİMENTOLAR

pek çok korozif ortamda, portland çimentosunun kullanılması uygun değildir. Bu sebeple, çözümlenmiş çimento çözeltilerinin kullanılması için özel çimentolar geliştirilmiştir. Organik plastikleştirici temel alan özel bir çimento türleri "yapıstırıcılar" olarak bilinmektedir.

Va - Pozzolanlar : Suni ya da doğal olarak elde edilen silika zengin maddelerdir. Kendisi çimento özelliği göstermez, belirli oranlarda çimento karışımına ilave edilir.

Doğal pozzolan oluşumu : Volkanik bölgelerde oluşmuştur. Silika zengin magma tabakası, volkan kanalları içinde çok fazla miktardaki yer altı suyu ile karşılaşınca; yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında su buharı (kızgın) oluşur. Bu buhar, magma içindeki çözünmüş CO_2 'i ve kükürtlü gazları (H_2S gibi) da beraber taşıyarak magma, yeryüzüne çıkınca, basınç farkından dolayı magma içindeki gazlar salınır, patlamış mısır gibi açılır. Soğuyunca poröz bir şekli alır. İşte pozzolan, küçük ve poröz kaya parçacıklarından elde edilir.

Avantajları

- i) Portland çimentosuna göre, deniz suyu veya tuzlu sularla temasına karşı (korozif etkilene) daha dayanıklıdır.
- ii) Geçirgenliği ve boşlukları azaltır.
- iii) Küçük katlamaları azaltır.
- iv) Sülfat etkilene karşı dayanıklıdır.
- v) Donma - erime zararları daha azdır.
- vi) Üretilmesi ve prosesi daha ekonomiktir.
- vii) CO_2 emisyonunu düşürür.
- viii) Yüksek akışkanlık elde etmek için daha az su gerektirir.

Vb - Yüksek Alumina çimentoları : Bu çimentolar, özellikle kalsiyum alüminat çimentosu. Kireç tozu ve boksit ile ergitilmeyle üretilir. Boksit genellikle; silika, magnezya, demir oksit ve diğer safsızlıkları içerir. Göl kabuk dayanıklılık oluşturmazıyla karakterize edilir. Sülfatlı sulara ve deniz suyuyla karşı çok dayanıklıdır.

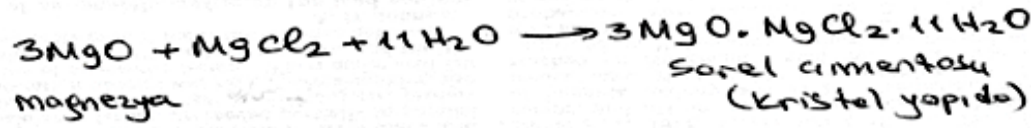
Vc - Silikat çimentoları : Silika - dolgu çimentolar, HF asit dışındaki diğer anorganik asitlere karşı dayanıklıdır. pH: 7'nin üstünde veya kristal oluşumu olan ortamlarda kullanılması uygun değildir. Genellikle, kütleye 2 kısım yeni öğütülmüş silika tozu, 1 kısım sodyum silikat eşdeğeri olarak kullanılır. Kronik asit veya alümin (şap = ticari alüminyum sülfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$) reaksiyon tankları içindeki tuğla malzemede bağlayıcı olarak kullanılır.

Vd - Sülfür çimentoları : 1900 yılından itibaren ticari olarak dolgu maddesi karışımlarında kullanılmaktadır. 1930'lu yıllardan sonra da, düşük genleşme katsayısına sahip olma özelliğinden dolayı, dolgu kükürt külçeleri homojen plastikleştirici olarak kullanılmaktadır.

Yükseletgen olmayan asitlere ve tuzlara karşı dirençli, ancak bazlara ve gazlara karşı dayanıksızdır. 93°C'de kükürdün kristal yapısının değişmesi kullanımını kısıtlan. Tiyokol ile plastikleştirilmiş silika dolgu kükürt çimentoları, yer karoları, seramik, dökme-demir borular ve tuğlalar için bağlayıcı (yapıştırıcı) olarak kullanılmaktadır ve standart olarak kabul edilmiştir.

Vd- polimer çimento : polimer çimentoları gerçek polimer bağlı çimentolardır ve portland çimentosu içermezler. Bu ürünler, bağlayıcı bir maddeye ilavesi epoksi, metilmeta akrilat veya poliester gibi reçimelerden oluşur. Kullanılan reçimelerin her biri çimentoya, çabuk sertleşme, korozyon direnci ve yüksek yapışılma (sıkışma) direnci gibi özellikler verir. Fiyatları, normal portland çimentolarına göre yüksektir.

Ve - Magnezyum oksiklorür çimentoları : Bu çimento, Fransız kimyacı Sorel tarafından bulunduğu için bazen "Sorel çimentosu" olarak da adlandırılır.



Bu çimento, çok sert ve dayanıklıdır. Başlıca uygulama alanı, inert bir dolgu maddesi ve renklendirici ile birlikte yer döşemeleri, yer karoları ve mozaik uygulamalarında kullanılan yapıştırıcı çimentolarda temel bileşendir.

Bu çimentolar, sesi yansıtırlar ancak korozyon direnci fazla değildir, fiyatlarının pahalı olması kullanımını sınırlamaktadır.

Donma sırasındaki hacim değişimleri etkisini artırmak için genellikle fazla miktarda magnezya ile az miktarlarda CaO , Ca(OH)_2 veya Ca-silikatlar ilave edilir. Bunun dışında, azırı genişlemeyi önlemek ve suya karşı olan direnci artırmak için ikiye balur tuzları katılır.

PENTRA-SIL (NL)

Pentra-Sil®(NL) Kimyasal Beton Sertleştiricisi, Koruyucu ve Yoğunlaştırıcı

Ürün tanımı :

Pentra-Sil®(NL) Kimyasal Beton Sertleştiricisi, Koruyucu ve Yoğunlaştırıcı beton zeminlere kimyasal tepki vererek nüfuz eden, yoğunlaştıran ve koruyan hem de nefes alabilen, aşınmaya dayanıklı ve son derece sert temiz, yoğun, dayanıklı inorganik yüzey katmanı oluşturan Nano Lityum™ Yüzey İşlemedir". Ağır aşınmaya, kötü kullanıma, neme, kir birikmesine, alkaliteye ve çiçeklenmeye (tuz kalıntısı) karşı uzun dönemli korunma istenen beton zeminler için mükemmel bir çözümdür. Pentra-Sil®(NL) renksiz, kokusuz, su bazlı, VOC (uçucu organik bileşikler) koşullarına uygun ve kullanımını çevre açısından güvenli bir üründür.

PENTRA-SIL (NL)

Önemli faydaları

Beton kapilerlerine derinlemesine nüfuz eder ve serbest kireçle kimyasal reaksiyona girerek betonla çözülmez kalıcı bir bağ oluşturur.

Nefes alabilen, yoğun ve aşınmaya dayanıklı koruyucu bir yüzey oluşturur.

Daha güçlü, daha geçirimsiz, tozmaz, lekelenmeye ve bozulmaya karşı ve daha iyi görünümlü (saten-parlak) bir yüzey işleme yaratır.

Bakım, temizlik ve pahalı tamir masraflarını azaltır.

PENTRA-SIL 244+

Pentra-Sil® (244+) Tuz Koruması ve Tozumasızlık sağlayıcı, Beton Sertleştiricisi, Koruyucu ve Yoğunlaştırıcı

Beton ve kagir yzeyleri sertleştiren, sızdırmaz hale getiren ve yoğunlaştıran parlak, kokusuz V.O.C. uyumlu, su bazlı, evre bakımından kullanılması güvenilir olan tuz koruması ve tozumasızlık sağlayıcıdır. **Pentra-Sil® 244+** doğal görünümü ve dokuyu değiştirmeden beton yzeyleri ve çeşitli kagir yzeyleri koruyan ve muhafaza eden kalıcı su geçirmez yzeyler oluşturmak için silisli malzemelerle kimyasal reaksiyona girer.

Pentra-Sil® 244+ kendi sınıfında teşekküllü bir malzemedir. Yüksek kaliteye sahip su geçirmezlik malzemenin bütün koruma özelliklerine sahiptir ve bir yzey sertleştiricisi, sızdırmazlık malzemesi ve yoğunlaştırıcınının bütün yararlarını hizmetinize sunar.