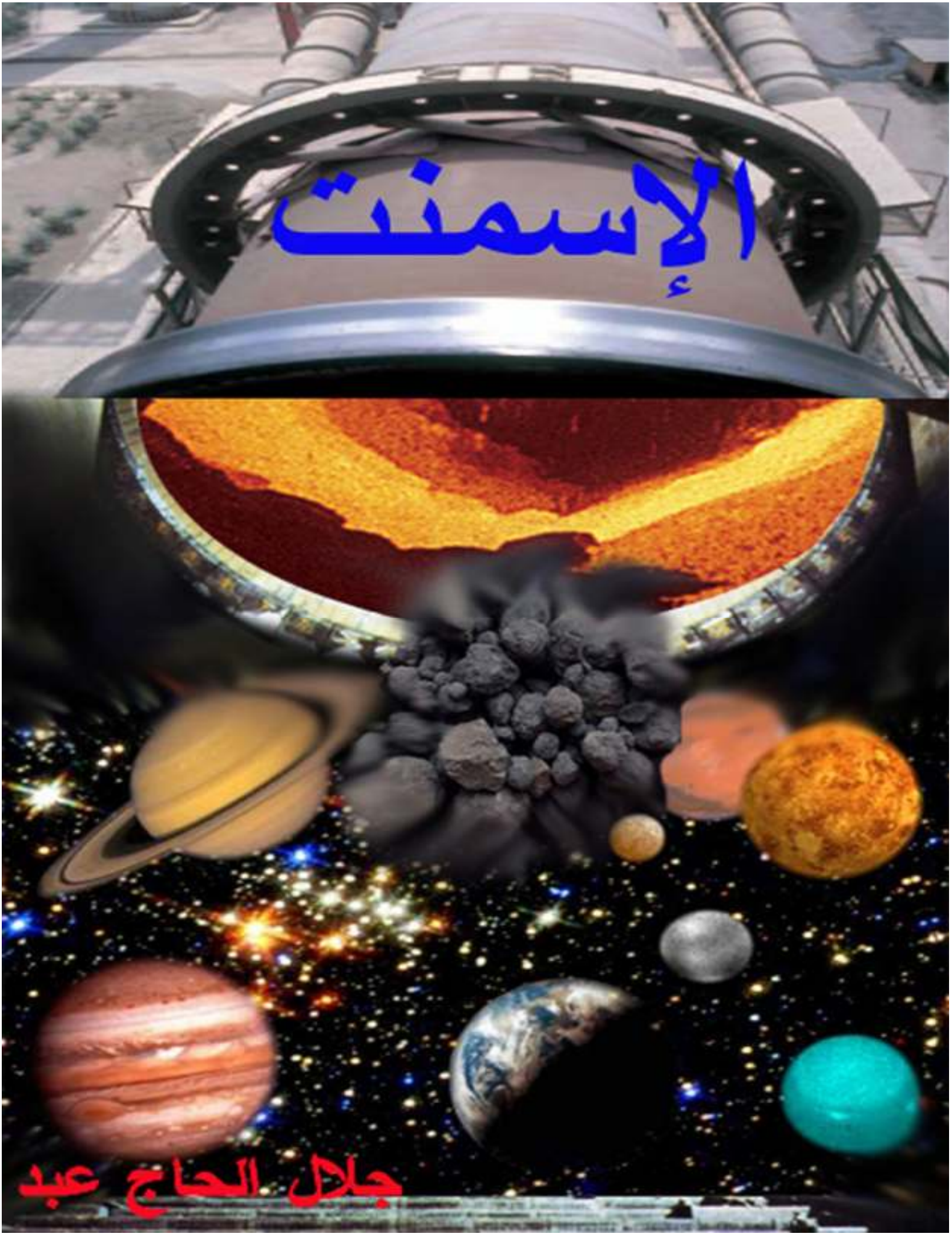

الإسمنت
جلال الحاج عبد

المقدمه

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله و الصلاة و السلام على أشرف الخلق محمد و على آل بيته الطيبين الطاهرين .

أين ما وجد الماء فحياة ، كذلك يمكن القول: أين ما وجد الإسمنت فإعمار . لعب الفولاذ دوراً هاماً في الثورة الصناعية ، كذلك لعب الإسمنت نفس الدور في الثورة العمرانية .لا يمكن حصر منافع الإسمنت ، و سردها أطالة لا جدوة منها ، فإن كان فوق رأسك سقف أو تحت قدميك بلاط فأن لم يكن من الإسمنت ، فهناك نسبة من الإسمنت في مواده . شهدت صناعة الإسمنت في العقديين الماضيين رونقاً و إزدهاراً و نموّاً ملحوظاً في كل أنحاء العالم و بالأخص في منطقة الشرق الأوسط ، و ساعدت التقنيات الحديثة في تطور هذه الصناعة بمضاعفت إنتاجها و تقليل تلوثها .

هذا الكتاب هو عبارة عن موسوعة للإسمنت من تجربتي المتواضعة في هذه الصنعة . المعلومات حول صناعة الإسمنت في هذا الكتاب هي مقدمة للبحث الذي طرحته في الفصل الآخر من الكتاب حول النموذج الكوني المستلهم من طريقة تحضير الكلينكر في الأفران الدوارة . المعلومات كتبتها بطريقة يستفاد منها متخصصين و مهندسين و تقني صناعة الإسمنت و كذلك الراغبين في التعرف على هذه الصنعة .

نظراً لإبتعادي عن المصادر العربية أستعنت بقاموس إنجليزي عربي[1] لترجمة تجربتي الإسمنتيه . لكن صناعة الإسمنت من الصناعات القديمة ذات مصطلحات عمليه و نظريه واسعة و مهما تحاورنا بالمصطلحات النظرية تبقى الأصطلاحات العملية سيدة الموقف في معامل الإسمنت .

1- المورد ، قاموس إنجليزي – عربي ، منير البعلبكي – دار العلم للملايين.

الأجهزه و المعدات في مراحل صناعة الإسمنت

الكساره : تنقل صخور الجير من المحجر بأبعاد مختلفه بشرط أن لا يزيد متوسط قطر الصخور عن المتر الواحد ، و توضع في قمع الكساره ، و عن طريق سكة التغذيه تدخل هذه الصخور الكسارة و هي عبارة عن محور عليه عدة صفحات دائرية بينها مطرقات . تصتطدم الصخور بهذه المطرقات و تتكسر و تخرج من الكسارة . يعين الغربال الموجود تحت محور المطرقات أبعاد الصخور الخارجة من الكسارة . قطر الصخور الخارجة من الكسارة صفر الى 30 ملي متر

وحدة العينات : حين نقل الصخور من الكسارة الى مخزن التجانس تأخذ كمية من الصخور بطريقه أتوماتيكيه و تسحق و ترسل أتوماتيكياً الى المختبر عينات من هذا المسحوق كل ساعة ، لتعيين نسبة المواد الكميائية الأساسية الموجودة في الصخور و أصلاحها .

إنتقال المواد : تنقل المواد من الكسارة الى مخزن التجانس على سيور مطاطي .

مخزن التجانس : للحصول على نسبة متوازنة من المواد الكميائية في المواد التي يحضر منها الإسمنت ، و كذلك لخزن المواد بكميات توفر المواد الأولية لمطحنة المواد لعدة أيام ، تخزن المواد الخارجة من الكسارة في مخزن طولي يسع لتلين من الصخور ، بحيث يكدس ذراع التكديس الصخور على تل و ترفع المكشطة الصخور الى مطحنة المواد من التل الآخر . تتم عملية التكديس و الكشط بطريقة تعطي أعلى نسبة من الإختلاط و التجانس بين المواد ، حيث يكدس ذراع التكديس المواد على شكل طبقات ، و ترفع المكشطة المواد كذلك على شكل طبقات .

طريقة شيفرون في التكديس

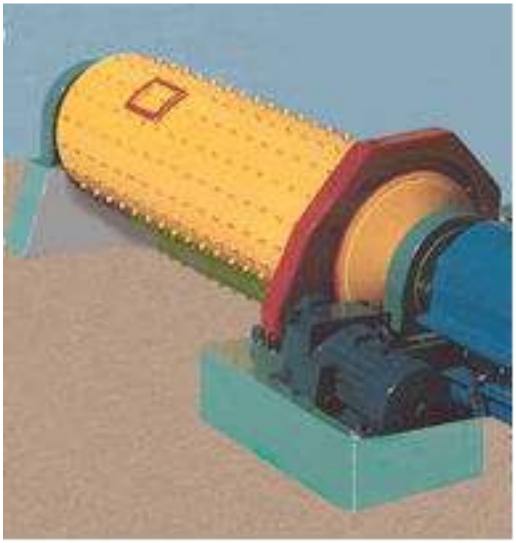
ذراع التكديس

المكشطه

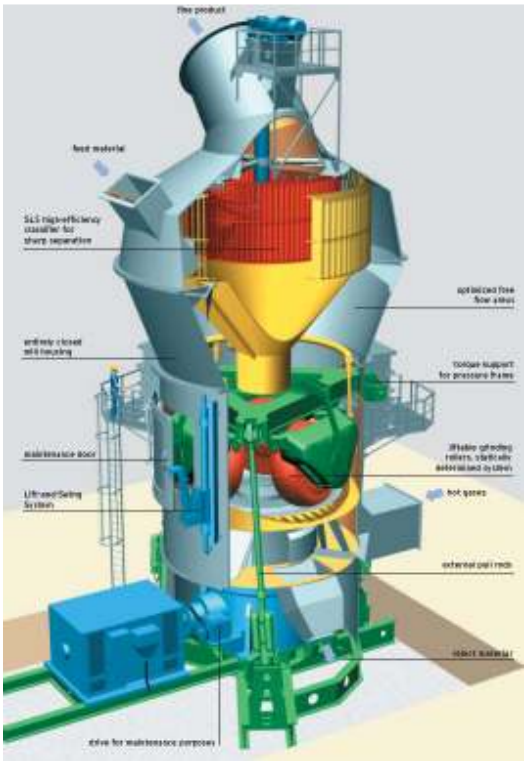
طريقة التكديس الدائريه

صوامع المواد الأضافية : تضاف بعض المواد الكميائية للمواد لضبط النسب الكميائية . تخزن هذه المواد في صومعات و هذه المواد هي : البوكسيت وخام الحديد والرمل .

مطحنة المواد : تسحق الصخور في مطحنة المواد ، و تتحول الى مسحوق . و مطحنة المواد عبارة عن أسطوانة كبيرة ذات غرفتين أو ثلاثة غرف فيها كرات فلزية متغيرة الأقطار ، يؤدي دوران هذه الأسطوانة الى سحق الصخور بهذه الكرات الفلزية داخل الأسطوانة . ثم ينقل المسحوق عن طريق رافع سطلى الى صوامع المواد الخام . كذلك هناك نسبة من المسحوق تأتي من المرشحات الكهربائية التي تسحب الهواء من داخل المطحنة . يوجد نوع آخر من المطحنات و هي المطحنات العموديه و هي عبارة عن سطح دائري دوار عليه رولتان أو ثلاثة رولات لسحق الصخور . في الطريقة الرطبة يضاف الماء الى المواد في المطحنة .

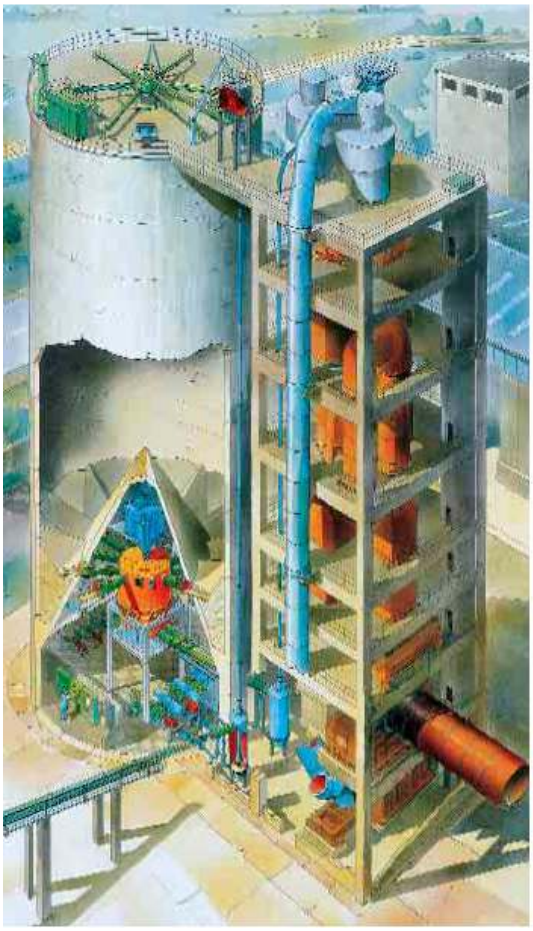


المطحنة الأسطوانيه (الكرات الفلزيه)

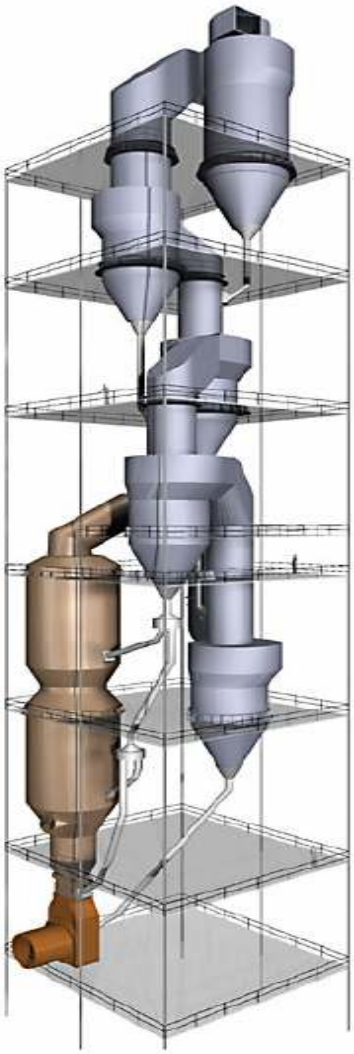


المطحنة العموديه (الروليه)

رافع سطلي



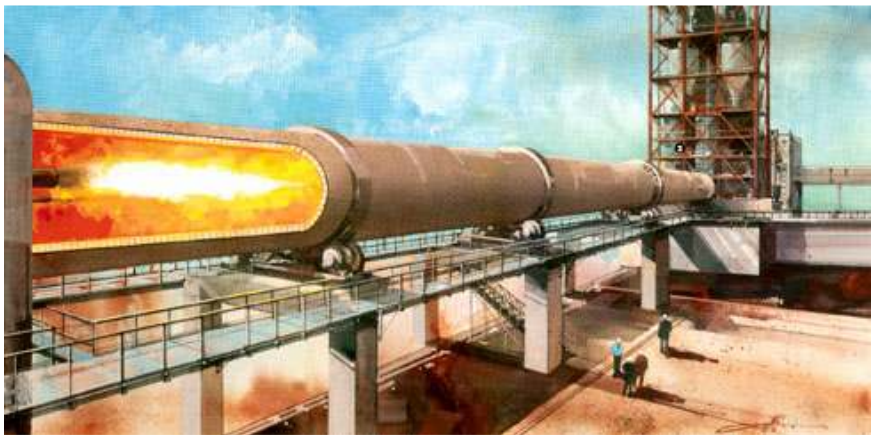
صوامع المواد الخام و التلقيم : يجمع و يخزن المسحوق في صومعة أو صومعتان للمواد الخام و ذلك للحصول على نسبة عالية من التجانس و كذلك تأمين تلقيم الفرن الدوار لعدة أيام . ينقل المسحوق من خلال أنابيب بضغط الهواء الى التسخين البدئي ، لتدخل الفرن الدوار .



المسخن البدئي : و هو أعلى مبنى في معمل الإسمنت و متكون من عدة طبقات في كل طبقة عدة سيكلونات . تدخل المواد من الأعلى و تدخل سيكلوانات الطبقة الأولى و تهوي الى الأسفل بفضل الجاذبية . حركة المواد في هذه السيكلونات أو الزوابع بشكل حركة زوبعية للحصول على أعلى نسبة من التبادل الحراري بين المواد و الهواء الساخن الذي تسحبه مروحة الفرن الدوار الضخمة من داخل الفرن.

الفرن الدوار : أهم جزء في معمل الإسمنت ، و هو عبارة عن أسطوانة فلزية قطرها حدود أربعة أمتار و أحياناً يصل قطرها الى خمسة أمتار و طولها حدود سبعون متر أو أكثر أو أقل ، تستند على عدة محامل . هناك عجلة مسننة على هذه الأسطوانة ترتبط بعجلة أخرى تأخذ حركتها من علبة التروس و المحرك الكهربائي لتأمين الحركة الدورانية للفرن. داخل هذه الأسطوانة طابوق عازل للحرارة و في مؤخرتها موقد يعمل بالمازوت أو الغاز لتأمين الحرارة اللازمة لشي المواد في الفرن الدوار . إنحدار الفرن الدوار عن الأفق درجتان الى ثلاثة درجات ، يساعد هذا الإنحدار على حركة المواد داخل الفرن .

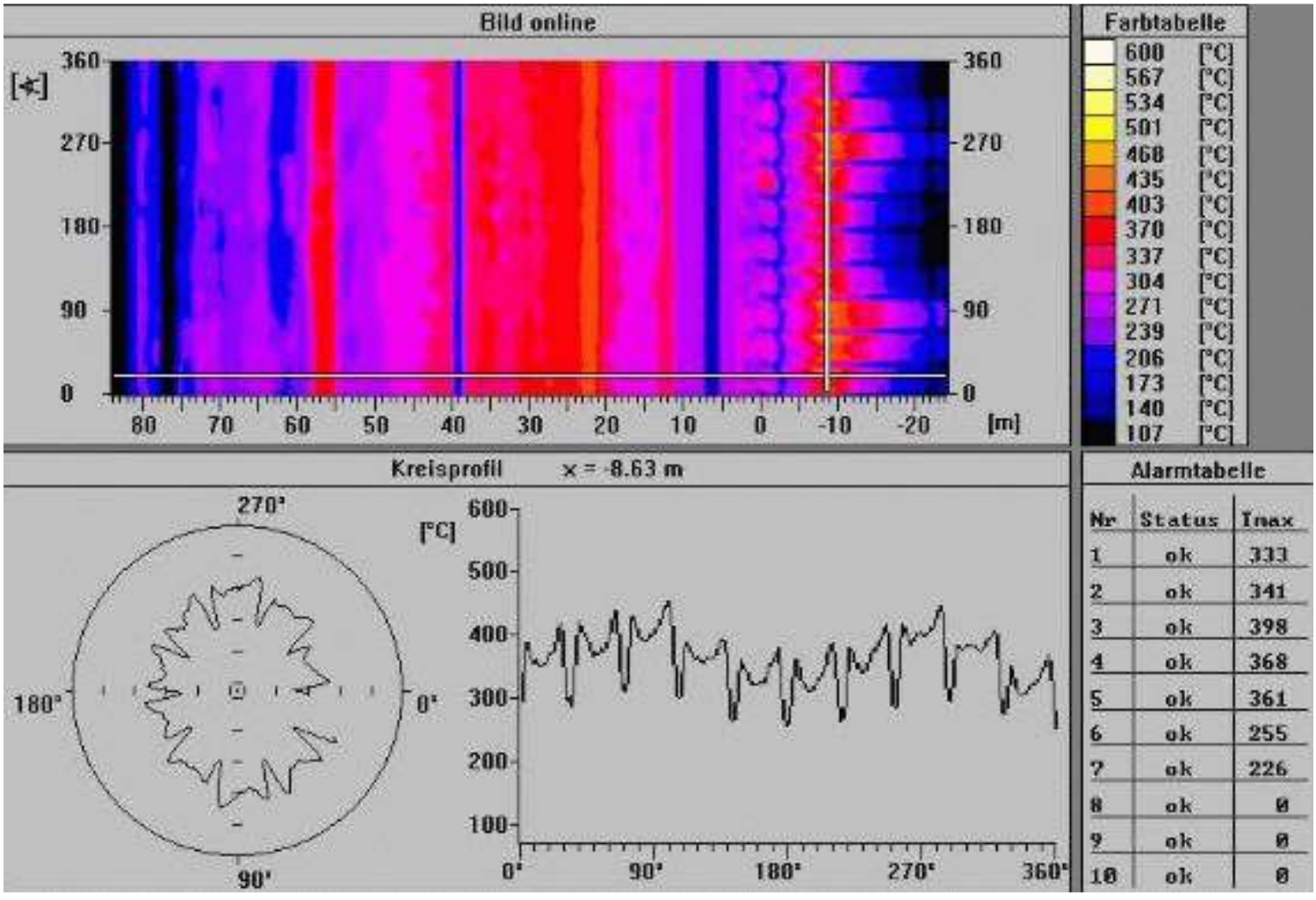
ناتج الفرن الدوار مادة تعرف بالكلينكر و هي المادة الأساسية في صناعة الإسمنت و تخرج على شكل كرات صغيرة ، أو على شكل كتل متماسكة .



مصدر الصورة : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/e/e9/KilnBZ.JPG

الماسح الحراري للفرن الدوار من شركة POLYSIUS

Kiln Shell Scanner



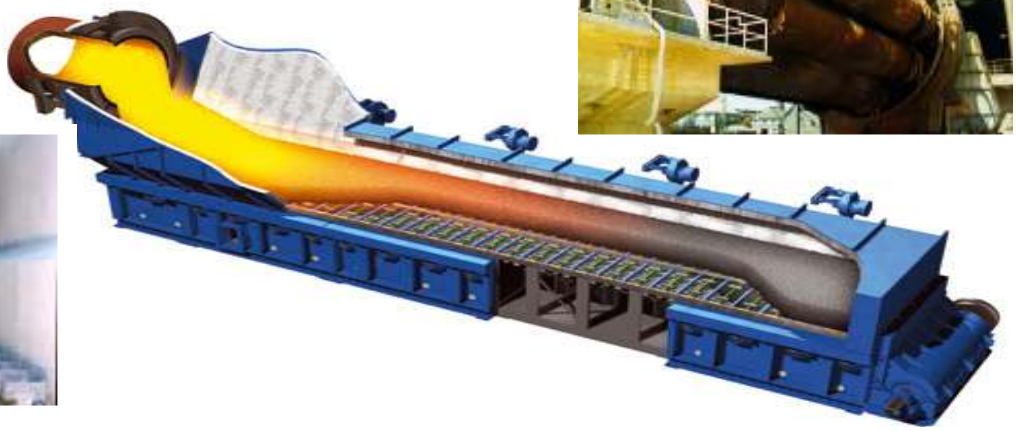
يعمل الماسح الحراري بالأشعة تحت الحمراء و يسجل درجة حرارة سطح الفرن الدوار و ينقل البيانات الى نظام التحكم عن طريق الألياف البصريه .

مبرد الكلينكر : ناتج الفرن الدوار مادة تعرف بالكلينكر ، يخرج الكلينكر من الفرن الدوار بدرجة حرارة عاليه لا يمكن نقله و لا تكديسه لذلك يجب تبريده ، كذلك للحصول على كلينكر عالي الجودة و الخواص يجب تبريده بطريقة ملائمة ، و يجب عدم تعرضه لصدمات حرارية نتيجة التبريد . عند خروج الكلينكر من الفرن يسقط على سطح فلزي أفقي متكون من صفائح تتحرك حركة أفقيه ذهاب و إياب ، يخرج من تحت هذه الصفائح هواء طبيعي يدخل المبرد من عدة مراوح . تتم حركة صفحات المبرد من خلال مقابظ هيدروليكيه . الكساره المطرقيه في مؤخرة المبرد لتفتيت الكتل الكلينكريه .

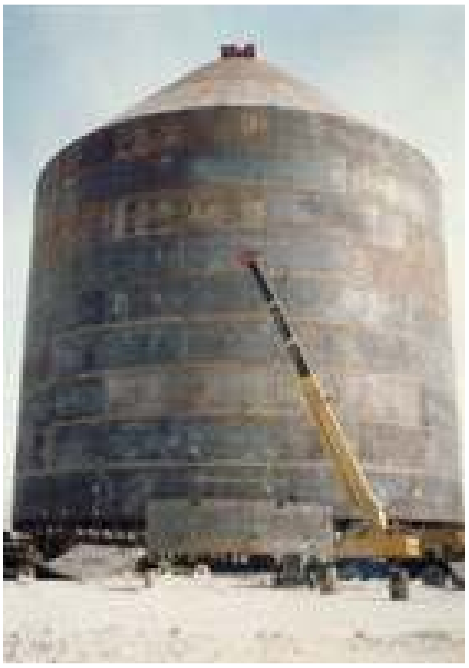
يوجد نوع آخر من المبرد Planetary و هو عبارة عن عدة أنابيب متصلة بالفرن من الخارج ، يدخل الكلينكر الساخن من طرف و الهواء الطبيعي من الطرف الآخر فيبرد الكلينكر بطريقة ملائمة (لكن أقل تلائم من المبرد الذي سبق شرحه) .

Planetary cooler

Polysius, Clinker Cooler

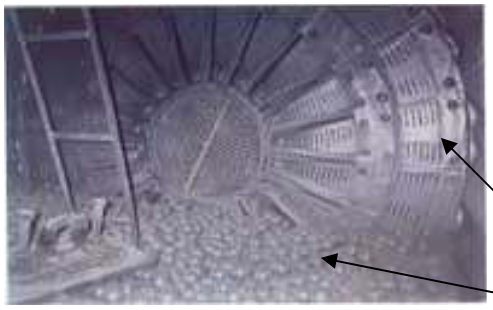


إنتقال الكلينكر : ينقل الكلينكر الخارج من المبرد و المرشح الكهربائي لمبرد الكلينكر الى صومعة الكلينكر عن طريق سيور فلزي و في بعض المعامل بسيور مطاطي مقاوم للحرارة .



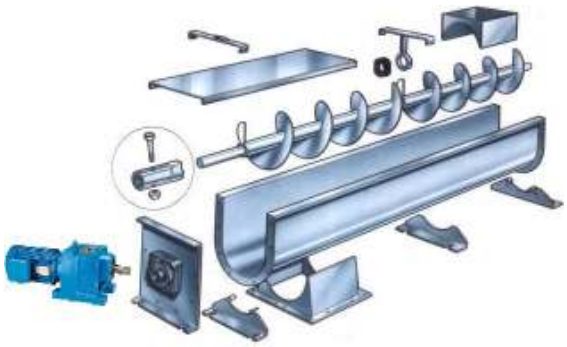
صومعة الكلينكر : يجمع و يخزن الكلينكر في صومعة فلزية كبيرة تسع لآلاف الأطنان من الكلينكر ، و ذلك لتجانسه و تأمين الكلينكر لمطحنة الإسمنت لعدة أيام بدون توقف .

كسارة الجبس : و هي كسارة مطرقيه أو فكيه جانبيه لتكسير الجبس الذي يضاف الى الكلينكر في مطحنة الإسمنت بنسبة حدود 4 % .



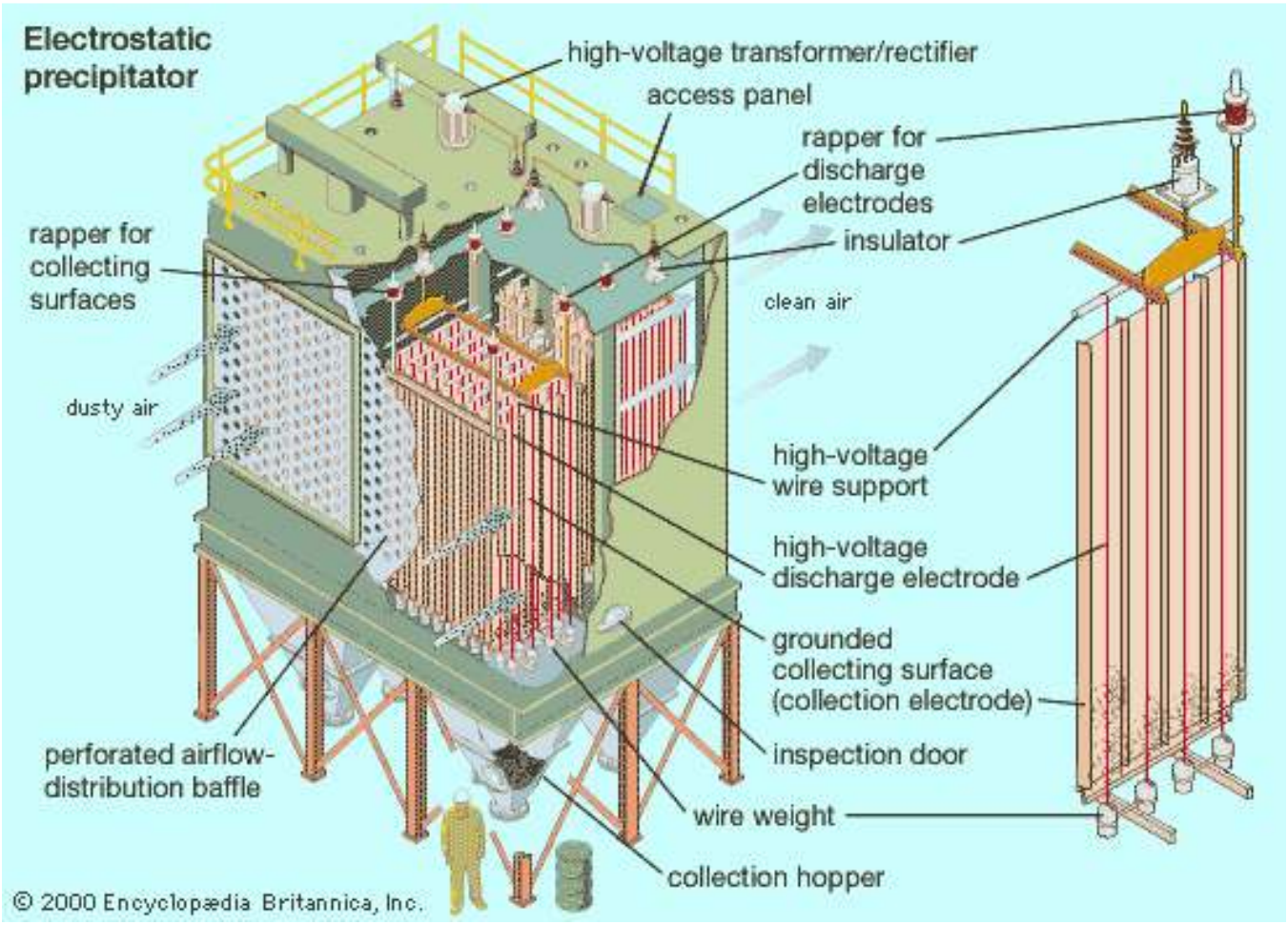
مطحنة الإسمنت : و هي مطحنة تشبه مطحنة المواد الخام ، و هي عبارة عن أسطوانة كبيرة ذات غرفتين أو ثلاثة غرف فيها كرات فلزية متغيرة الأقطار ، يؤدي دوران هذه الأسطوانة الى سحق الكلينكر و الجبس بهذه الكرات الفلزية داخل الأسطوانة . ينقل المسحوق الخارج من مطحنة الإسمنت و المرشح الإلكتروستاتيكي لمطحنة الإسمنت برافع سطلي ثم بأنابيب بضغط الهواء و يجمع و يخزن في صوامع الإسمنت .

صوامع الإسمنت : يجمع و يخزن الإسمنت في صومعة أو صومعتان للإسمنت ، و ينقل الإسمنت من هذه الصوامع الى التعبئة بأكياس كذلك تحت هذه الصوامع يوجد موقف لشاحنات الإسمنت يشحن فيها الإسمنت الغير معبأ (السائب) .



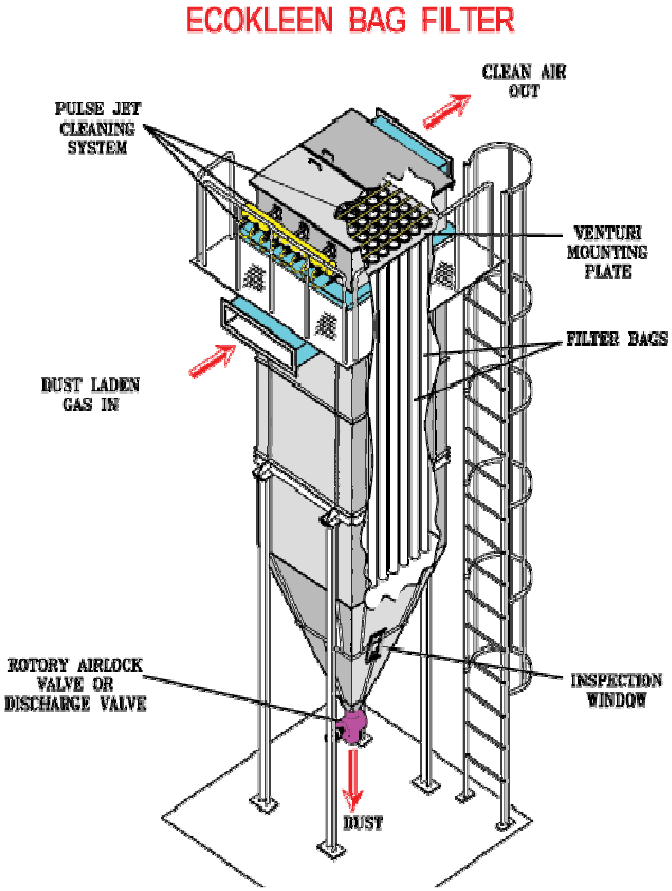
لنقل المواد المسحوقة و الإسمنت يستعان بالسيور الحلزوني Screw Conveyor

التعبئة : عبارة عن مبنى فيه عدة سيورات مطاطية و أجهزة خاصة لتعبئة الإسمنت بأكياس و بطريقة ميكانيكية أوتوماتيكيه .

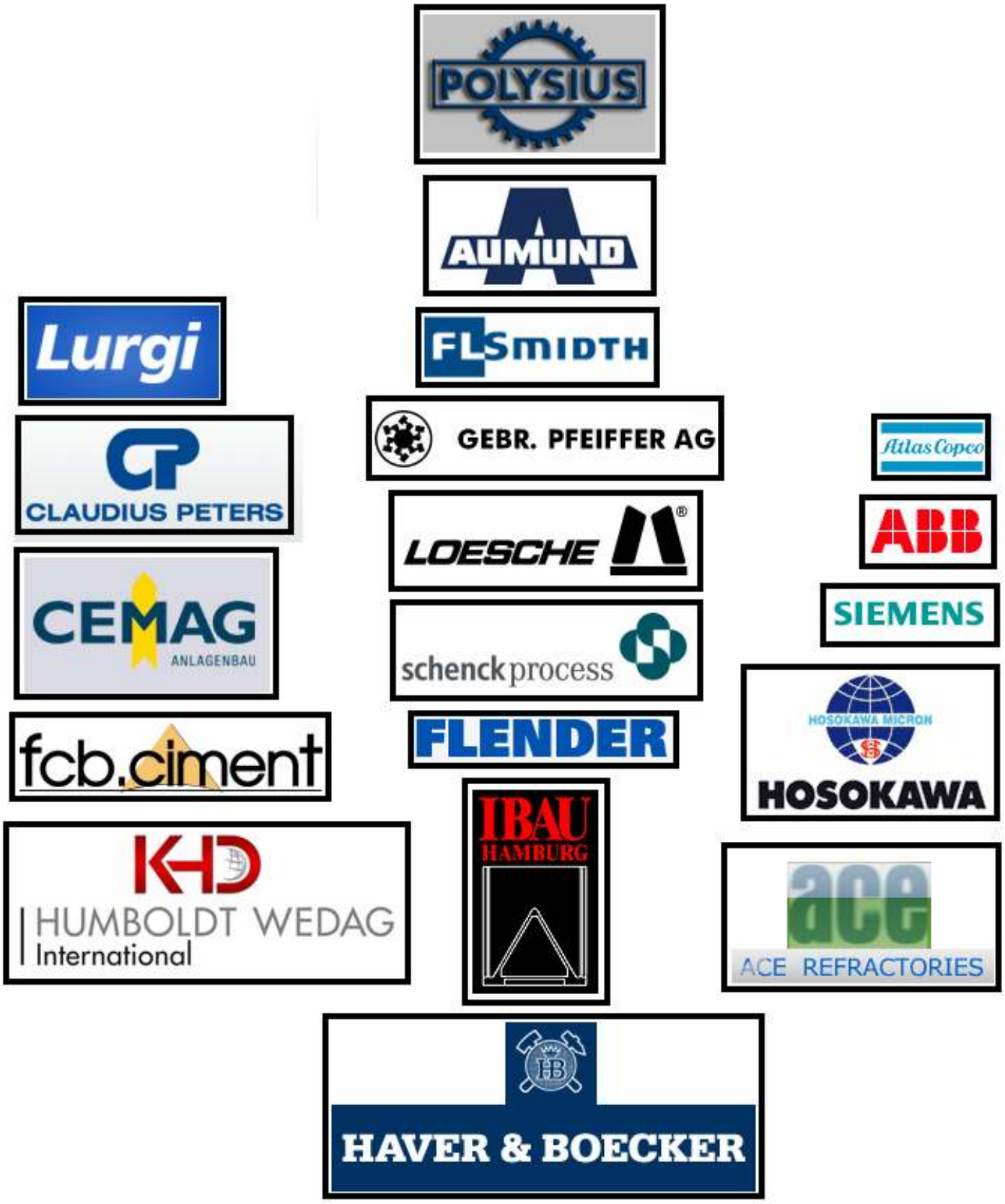


للتخلص من إنبعاثات الغبار الناتج من تكسير و نقل المواد و طحنها يستعان **بالمرشحات** bag filter و **المرسبات الإلكتروستاتيكيه** (ESP) Electro-Static Precipitator

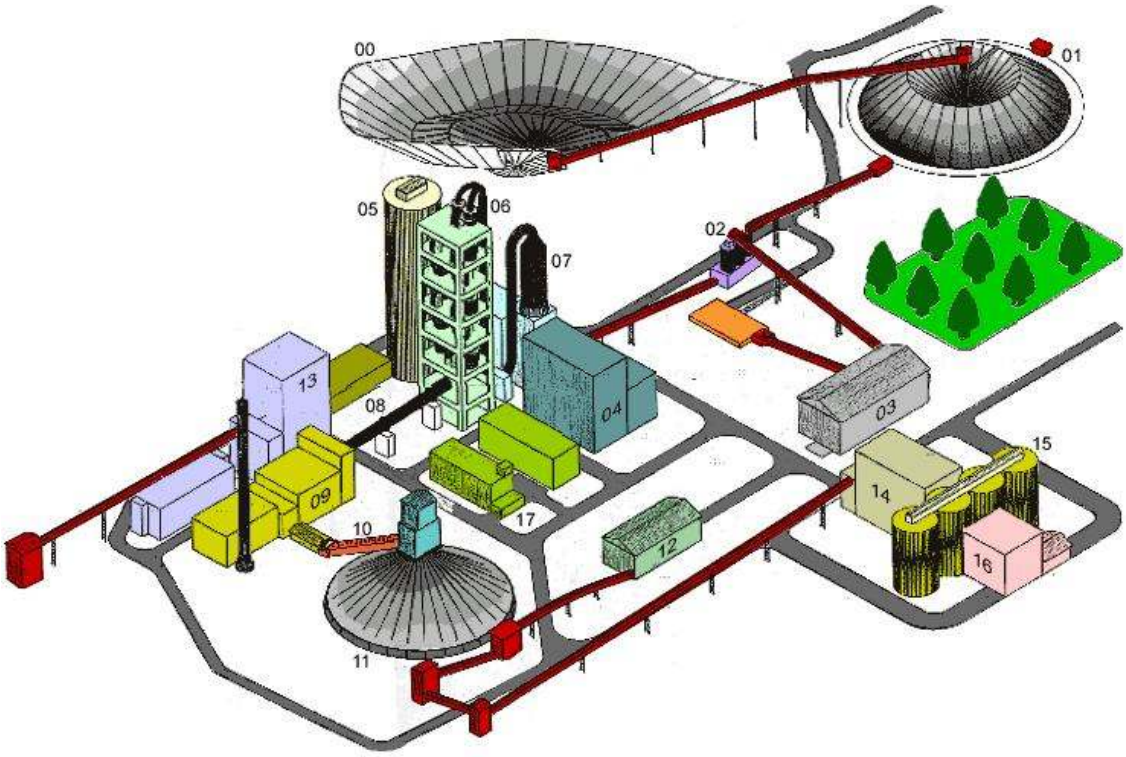
الهدف منها الحيلولة دون تلوث البيئة و الحفاظ على سلامة طاقم المعمل . و كذلك جمع نسبة عالية من المواد و إعادتها لخط التوليد .



بعض أهم الشركات العالميه المصنعة لمكائن و تجهيزات معامل الإسمنت

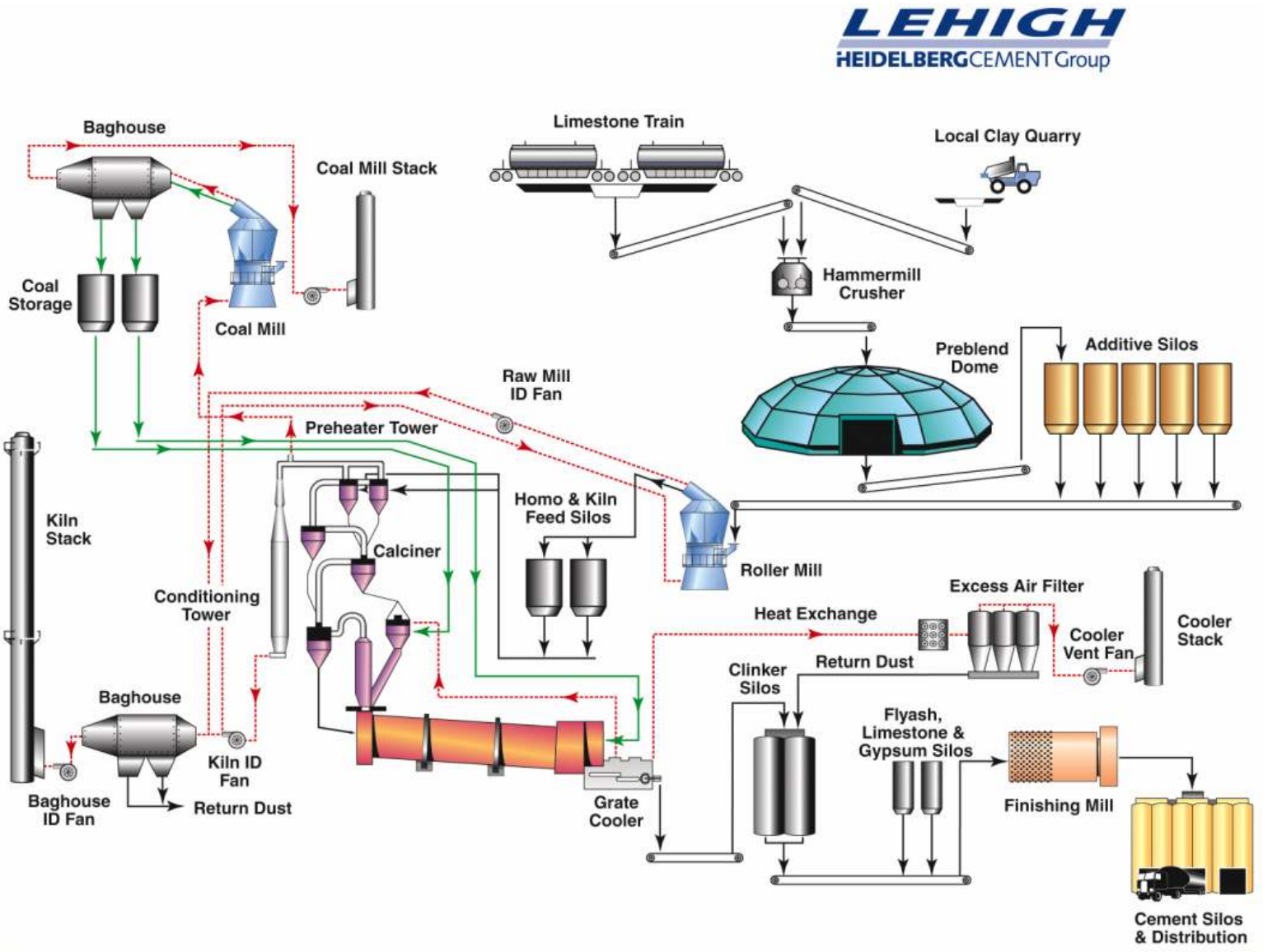


مخطط معمل إسمنت

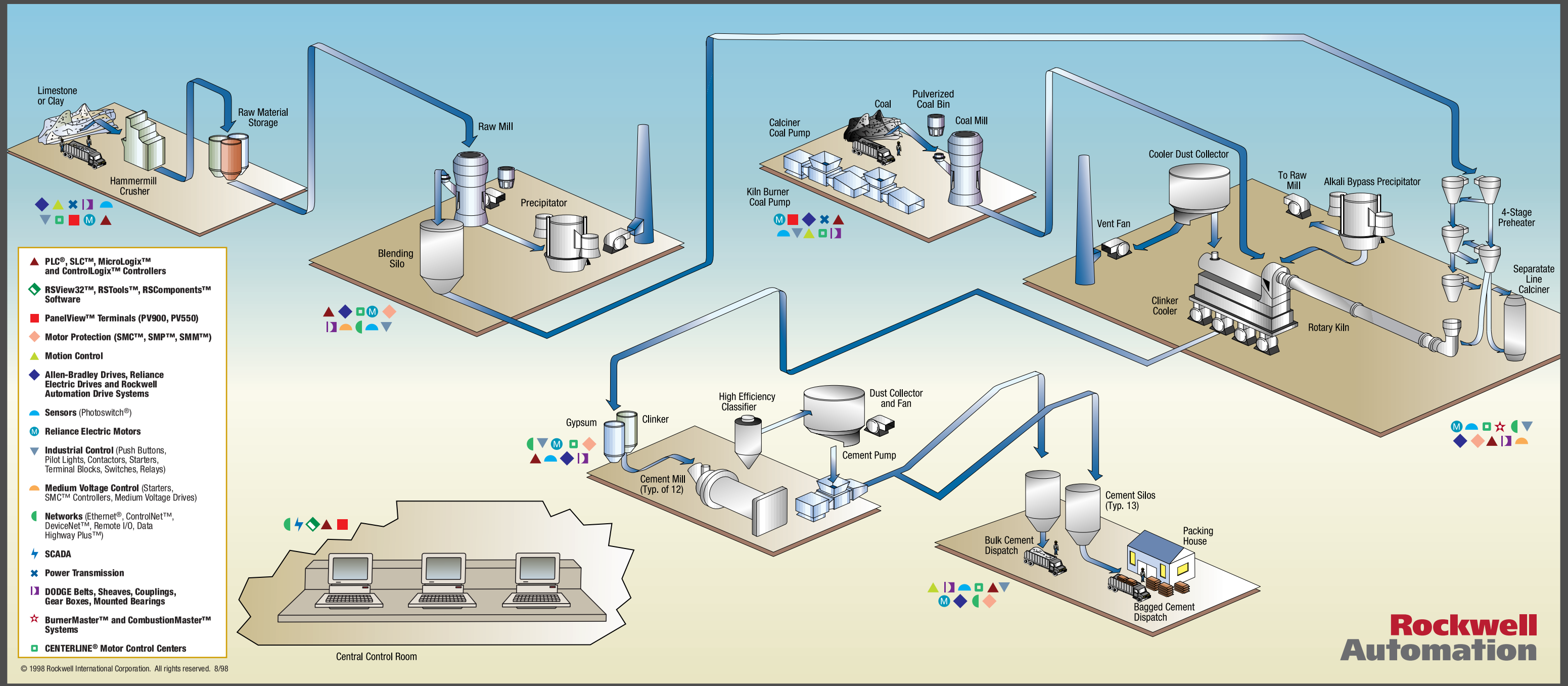


00-Limestone Quarry Crushing
محجر الحجر الجيري و وحدة التكسير
01-Limestone Stockpile
الأختلاط و المجانسه الأوليه
02-Additives Hopper
مقامع المواد الأضافيه
03-Additives Storage
تخزين المواد الأضافيه
04-Raw Mill Building
مبنى مطحنة المواد الخام
05-Blending and Storage Silo
صومعة الخزن و التجانس
06-Preheater
المسخن البدئي
07-Gas Conditioning Tower and ESP
برج التبريد و المرسب الإلكتروستاتيكي
08-Kiln
الفرن الدوار
09-Cooler
مبرد الكلنكر
10- Deep Bucket Conveyor
سيور سطلي
11 , 12- Clinker and Gypsum Storage
مخزن الكلنكر و الجبس
13- Fuel System
منظومة الوقود
14- Cement Mill
مطحنة الإسمنت
15- Cement Storage Silo
صومعة الإسمنت
16- Packing and Dispatch
التعبئة و الشحن
17- Central Control Room
غرفة السيطرة و التحكم المركزي

العمليات في صناعة الإسمنت



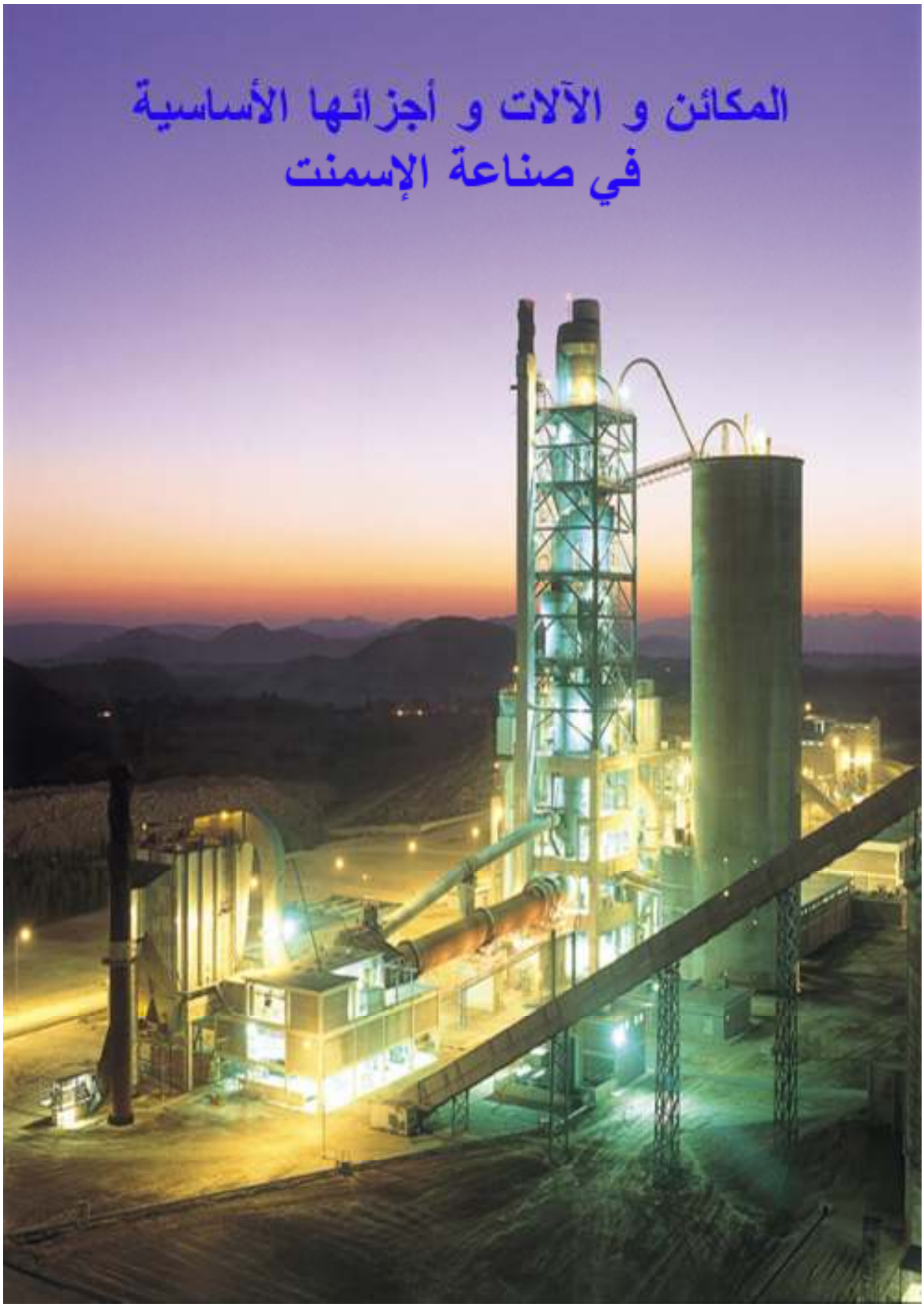
Cement Process



- **PLC®, SLC™, MicroLogix™ and ControlLogix™ Controllers**
- **RSView32™, RSTools™, RSComponents™ Software**
- **PanelView™ Terminals (PV900, PV550)**
- **Motor Protection (SMC™, SMP™, SMM™)**
- **Motion Control**
- **Allen-Bradley Drives, Reliance Electric Drives and Rockwell Automation Drive Systems**
- **Sensors** (Photoswitch®)
- **Reliance Electric Motors**
- **Industrial Control** (Push Buttons, Pilot Lights, Contactors, Starters, Terminal Blocks, Switches, Relays)
- **Medium Voltage Control** (Starters, SMC™ Controllers, Medium Voltage Drives)
- **Networks** (Ethernet®, ControlNet™, DeviceNet™, Remote I/O, Data Highway Plus™)
- **SCADA**
- **Power Transmission**
- **DODGE Belts, Sheaves, Couplings, Gear Boxes, Mounted Bearings**
- **BurnerMaster™ and CombustionMaster™ Systems**
- **CENTERLINE® Motor Control Centers**

© 1998 Rockwell International Corporation. All rights reserved. 8/98

Rockwell Automation



الصورة من موقع: http://www.cement.org

الكساره
belt convoyer 1800x14.5 m
outlet chute
mammut crasher
spray chutes
apron feeder type RKF 2600x14.0 m
belt conveyor type 400x10.05
apron feeder RKF 1200x12.0m
superimposed box
bag filter & platform
auxiliary device
contactor & desk
magnetic separator
وحدة العينات
Sampling station with pneumatic tube system
Sample meal divider
Drum magnet
Chutes
Airjet filter 10000 m3/h
Airjet filter 15000 m3/h
Servie plateform
Dedusting ducts
مخزن التجانس و الإختلاط
stacker rails
reclimer rails
belt conveyor 1200x271.76 m
belt conveyor 1000x295.6m A-A
stacker 1000x21
reclimer (Lho 500/35)

إنتقال المواد الخام
Belt conveyor 1200x73.8
Belt weigher
Magnet seprator
Riversible belt conveyor 1200*6m
Belt conveyor 1000*42.2
Bag filter 5000 m3/h
Bag filter 10000 m3/h
Dedusting duct & chutes
Riversible belt conveyor 1200*24.75
Belt conveyor 1200* 45.776m
Bag filter 24000 m3/h
Weigh belt
Weigh belt
Weigh belt
Belt conveyor
Belt conveyor
Belt conveyor
مطحنة المواد الخام
Roller mill
Bed plate for drive unit
Upper section of housing
Monting device for pair of rollers
High eficiency separator
Tramp-iron seperator+flap valve
Bucket elevator
Course feed valve D:1400
Troughed belt conveyor
Steel apron feeder
Raw mill bin
Bin weighing device
Magnetic separator
Metal detector (change over flap)

Single roller belt weigher
Mixture control
Hot gas generator
Chute & duct
Slide valve+shut off flap
Water injection+acc.
Bag Filter 3 Moudoles
Fan
Sampler
مرسب المواد الخام الكهربائي
Casing
Stairs - ladders - platforms
Transition
Gas distribution
Collecting electrode & suspension
Discharge electrode & suspension
Collecting plate rapping device
Discharge electrode rapping device
Chain conveyor
Airslide
Cooling tower
Screw conveyor
Screw conveyor
Screw conveyor
Screw conveyor
Screw conveyor
Insulation roof
Exhaust fan
Ducting
Isolating dampers
صوامع المواد الخام و تلقيم الفرن الدوار
Pneumatic transport by fluidslide
Vertical pneumatic transport
Pneumatic transport by fluidslide
Parallel distributing fluidslide
Dedusting equipment
Original IBAU mixing silo equipment
Pneumatic transport by fluidslide
Mechanical vertical transport

Pneumatic transport by fluid slide
Weigher feeding station
Feeding system with calbiration device
Pneumatic transport by fluid slide
Sampling equipment
Pneumatic transport by fluid slide
Vertical pneumatic transport
Dedusting equipment
المسخن البدئي
Smoke chamber
Rising duct
Precalciner
Preheater cyclone 5 (C5)
Preheater cyclone 4 (C4)
Preheater cyclone 3 (C3)
Preheater cyclone 2 (C2)
Preheater cyclone 1 (C1)
Firing chimny
Automatic cleaning system
Tertiary air duct
Exhaust fan
Exhaust duct
Preheater doors
Dispersor (with concrete)
Walkways & Access
Shims for cyclons
الفرن الدوار
Roller Station
Tyres
Kiln Shell
Drive
Hydraulic Thrust Roller
Firing Hood
Down Stream Seal
Up Stream Seal
Nosering Fan Comp
Hopper & Supporting Hood
وحدة الوقود
Fuel & Heating

مبرد الكلينكر
Drag chain
Dust hoppers
cooler lower part
Running axle
Center beam
Moving frame
Driving axle
Fixed & movable supports
Hydraulic drive
Cooler upper part
Clinker chute hopper
Clinker breaker
Sealing air piping and pressure
Partition wall cooling
Centralized lubrication
Air piping for mulden plates
Cooling fan
Ventilation ducts
Piping,Elbow,Flanges
Drag chain casing
Hydrulic unit
Piping for hydraulic drive
Driving breaker
Driving drag chain
Platform
مرسب مبرد الكلينكر الكهربائي
Casing
Stairs - ladders - platforms
Transition
Gas distribution
Collecting electrode & suspension
Discharge electrode & suspension
Collecting plate rapping device
Discharge electrode rapping device
Screw conveyor
Insulation roof
Exhaust fan
Ducting & Damper

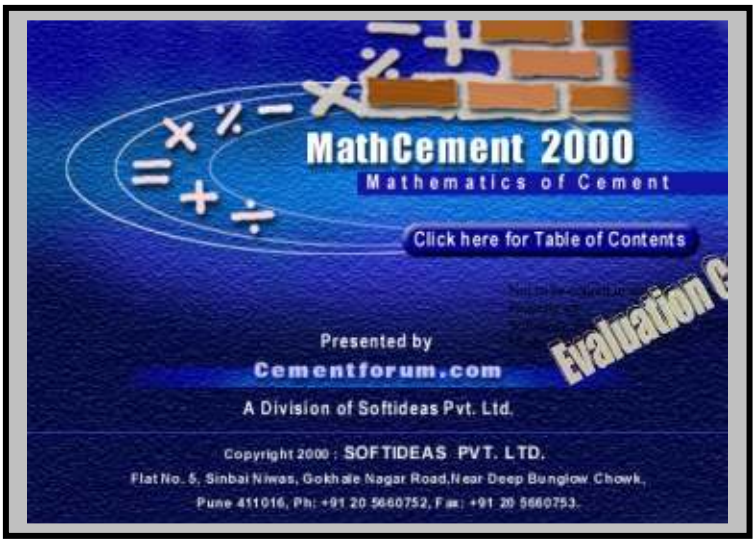
إنتقال الكلينكر
Silo super structure
Conveyor bridge
Conveyor bridge
Conveyor bridge
Clincker transport
Clincker transport
Clincker transport
Clincker transport
Rod gates
Motor operated discharge chutes
Manuallyoperated discharge chutes
Magnetic feeder
Telescopic chutes
Silo level indicator
Bag filter 3000 m3/h
Bag filter 12600 m3/h
Bag filter 12600 m3/h
Bag filter 12600 m3/h
Bag filter 12600 m3/h
كسارة الجبس
Apron Feeder
Gypsum Crusher
Belt Conveyor 0.5* 10.42 m
Bucket Elevator
Belt Conveyor 0.5* 18.4 m
Bag Filter &Fan &Damper
Dedusting Ducts
Chutes & Ducts
مطحنة الإسمنت
bin level measuring system
bin level measuring system
shut - off slide valve
shut - off slide valve
proportioning belt weigher
proportioning belt weigher
bag filter 2500 m3/h
radial fan LRMH(S) 315
chutes

mobile platform and support
metal pipeline
compressed - air reservoir
fitting for compressed air tank
ladder crossing
multichamber tub mill 4.4 *14 (1)
multichamber tub mill 4.4 *14 (2)
gearing - main
auxiliary gearing
erection materials
main motor &auxiliary motor & frame
electrostatic precipitator
fan , centrifugal VRE 800/5021
airslide type BG 250*7 m
radial fan LRH 110
accessories for fan
flexible metal hose
bucket elevator type BG 630
gearing and 2 electromotor
chutes
metal pipeline
water tank and accessories
erection materials
piping system for compressed air
piping system for cooling water
screw conveyor
lifting device for line mill 2
compressed air tank
set of fittings for air tank
airslide GR.400
bucket elevator type BG 1400
gearing and 2 electromotor
airslide GR 400
radial fan LRH 110/1-W
set of accessories for radial fan
flexible metal hose
dynamic classifier separatore ****
pendulum flap gate
airslide Gr.400

radial fan LRH 125/1-W
set of accessories for radial fan
flexible metal hose
flowmeter
radial fan VRD 1000
chutes
metal pipeline
landing , platforms,supporting
cooling water line
grinding media filling bocket
airslide BG 250
radial fan LRH 125 W
set of accessories for fan LRH 125
flexible metal hose
sampling device
water seperator
airlift 1250-4000
pneumatic conveying pipeline
separators for airlifts
disk piston blower GMb 16.13
frontal filter with metal filter
wedge - type plate slide valve
bagfilter 2500 m3/h
radial fan LRMH(S) 250
airslide size 250
radial fan LRH 125 W
accessories for fan
flexible metal hose
bag filter
radial fan LRMH - 315
compressed - air reservoir
set of attachments to the tank
chutes
metal pipeline
piping system for comppresd air
airslide supporting
airslide BG 250
radial fan LRH 125/1 W

set of acessories for radial fan
flexible metal hose
صوامع الإسمنت
Original IBAU cement silo
Pneumatic transport by fluidslide
Bulk loading equipment
Compressor plant
Dedusting equiomentb 7200 m3/min
التعبئه
Elevator 120 m3/h
Niagara Screen
Storage Bin
Gate Valve
Vertical Double Rotary Feeder
Roto - Packer
Empty Bag Table
Empty Bag Chute
Set of guard plate
Complete Spilage Collecting Equipment
Screw Conveyor For Packing Plant
Discharg belt
Bag Trap & Equipment
Inter mediate funnel
Outlet Funnel
Paper Discharge Chute
Belt Conveyor 650 mm x 1.25m
Bag Transfer Chute
Belt Conveyor
Stationary Bag Deflecting Station
Bag Transfer Chute
Truke Loading Conveyor
Bag Filter
Exhaust Fan
Dedusting Duct
Compressor Plant
Compressed air dryer

مصدر هذه المحاسبات :



الطاقة الإنتاجية المتوقعة من مشروع معمل إسمنت

أدنى سعة لإنتاج الكلينكر في خط توليد الإسمنت :

سعة إنتاج الكلينكر في اليوم $Q_d = 3000\,{}^{tonnes}/_{day}$

معامل تحويل الكلينكر الى مادة خام $K_1 = 1.6$

الفتره الزمنيه المتوقعه للإنتاج $L = 30_{years}$

عدد الايام التي يعمل فيها المعمل في السنة الواحدة $T_{rd} = 330_{days}$

سعة إنتاج الكلينكر في هذه الفترة الزمنيه :

$$D_q = L \cdot T_{rd} \cdot Q_d \cdot K_1 \Rightarrow D_q = 30 \times 330 \times 3000 \times 1.6 = 4.752 \times 10^7\ Tonnes$$

من هذا العدد يمكن تعين سعة خامات الإسمنت

سعة الكسارة

سعة الفرن الدوار لإنتاج الكلينكر $Q_{dk} = 4500 \, {tonnes}/{day}$

كثافة الصخور في خامات الإسمنت $BD_{LS} = 1.2 \, {tonnes}/{m^3}$

معامل تحويل الكلينكر الى مواد أوليه و خامات $K_1 = 1.6$

النسبه المئويه للصخور الكلسيه في خامات الإسمنت $C_L = 85\%$

عدد أيام عمل الكسارة في الأسبوع الواحد $T_{crw} = 6 \, {days}/{week}$

عدد ساعات عمل الكسارة في اليوم الواحد $T_{hd} = 12 \, {hours}/{day}$

الفترة الزمنية (دقيقه) التي تستغرقها المواد حتى تدخل الكسارة $H_t = 15 \, \text{minutes}$ (من على سكة التغذيه)

سعة الكسارة Q_{cr}

المواد الأوليه اللازمه للكسارة في الأسبوع الواحد

$$RM_w = Q_{dk} \cdot K_1 \cdot 7 \Rightarrow RM_w = 5.04 \times 10^4 \, {tonnes}/{week}$$

الصخور الكلسيه اللازمه للكسارة في الأسبوع الواحد

$$LS_w = C_L \cdot \frac{RM_w}{100} \Rightarrow LS_w = 4.284 \cdot 10^4 \, {tonnes}/{week}$$

سعة التكسير في الكسارة في الساعة الواحدة لهذه المقادير

$$Q_{cr} = \frac{LS_w}{T_{crw} \cdot T_{hd}} \Rightarrow Q_{cr} = 595 \, {}^{tonnes}/_{hours}$$

حجم قمع الكساره

$$H_v = \frac{|Q_{cr}| \cdot H_t}{BD_{LS} \cdot 60} \Rightarrow H_v = 123.958 m^3$$

تجانس و أختلاط المواد

تجمع المواد القادمة من الكسارة في مخزن بطريقه طوليه تعرف بطريقة شيفرون للرص، أو بطريقة دائريه و في كلا هذان النموذجان للرص تخزن المواد بشكل طبقات للحصول على نسبة عالية من التجانس و الإختلاط في ما بينها .

سعة الفرن الدوار لتوليد الكلينكر $Q_{dk} = 4500 \, tonnes/day$

كثافة الصخور في خامات الإسمنت $BD_{LS} = 1.2 \, tonnes/m^3$

معامل تحويل الكلينكر الى مواد أوليه و خامات $K_1 = 1.6$

النسبه المئويه للصخور الكلسيه في خامات الإسمنت $C_L = 85\%$

سعة التكسير في الكسارة $Q_{cr} = 565 \, tonnes/hours$

عدد أيام خزن المواد لمطحنة المواد الخام $RM_d = 7 days$

سعة كل تجمع للمواد المختلطه (كل تلّ من المواد) Q_{sp}

$$Q_{sp} = Q_{dk} \cdot K_1 \cdot RM_d \Rightarrow Q_{sp} = 5.04 \times 10^4 \, tonnes$$

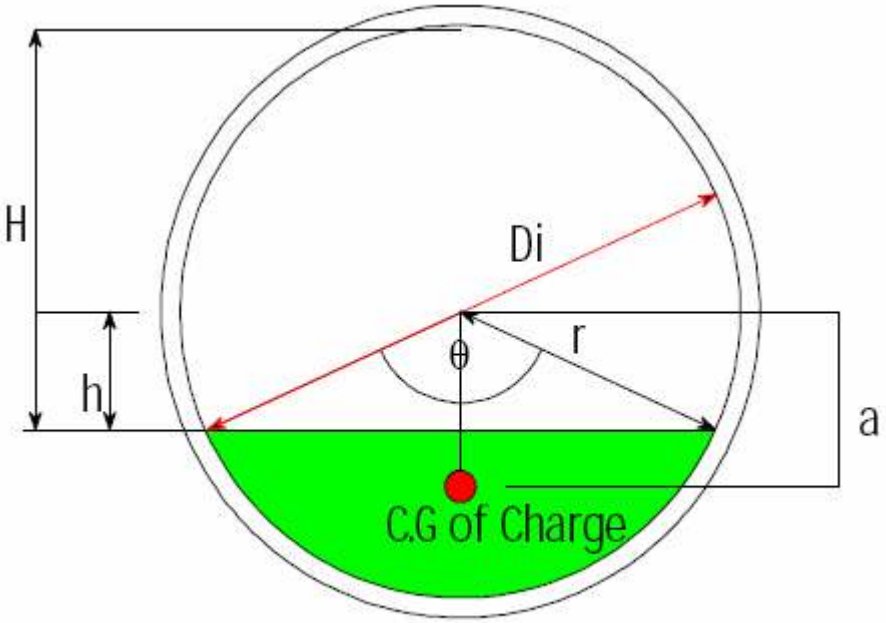
سعة ذراع التكديس $Q_{stacker}$

$$Q_{cr} = \frac{LS_w}{T_{crw} \cdot T_{hd}} \Rightarrow Q_{cr} = 565 \, tonnes/hours$$

$$Q_{stacker} = 1.5 \cdot Q_{cr} \Rightarrow Q_{stacker} = 847.5 \, tonnes/hours$$

الطحن و سحق المواد

تطحن المواد الخام في نوعين من الطواحين ، أسطوانيه ، و عموديه و هذه المحاسبات هي للطواحين الأسطوانيه ، و هي عباره عن أسطوانه يوضع فيها كمية من الكرات الفلزيه و عند دوران هذه الأسطوانة يتم طحن المواد و سحقها بهذه الكرات الفلزية و الصفحات الفلزية المصفوفة داخل الأسطوانة .



H الفاصله بين سطح الكرات الفلزيه الى السطح الداخلي للمطحنة

h الفاصله بين سطح الكرات الفلزيه الى مركز المطحنة

Di القطر الداخلي للمطحنة

r نصف القطر الداخلي

C.G مركز ثقل الكرات الفلزيه داخل المطحنة

a الفاصله من مركز المطحنة الى مركز ثقل الكرات الفلزيه

θ زاويه الشحن

إذا كان القطر الداخلي للمطحنة 4 أمتار في هذه الحالة :

$$Di = 4 \Rightarrow r = \frac{Di}{2} \Rightarrow r = 2$$

$$\theta = 2a \cdot \cos\left(\frac{H - r}{r}\right) \Rightarrow \theta = 6.283_{radins}$$

نسبة إمتلاء المطحنة :

$$F = \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \theta - r \cdot (H - r) \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right] \cdot 100}{\pi \cdot r^2} \Rightarrow F = 100\%$$

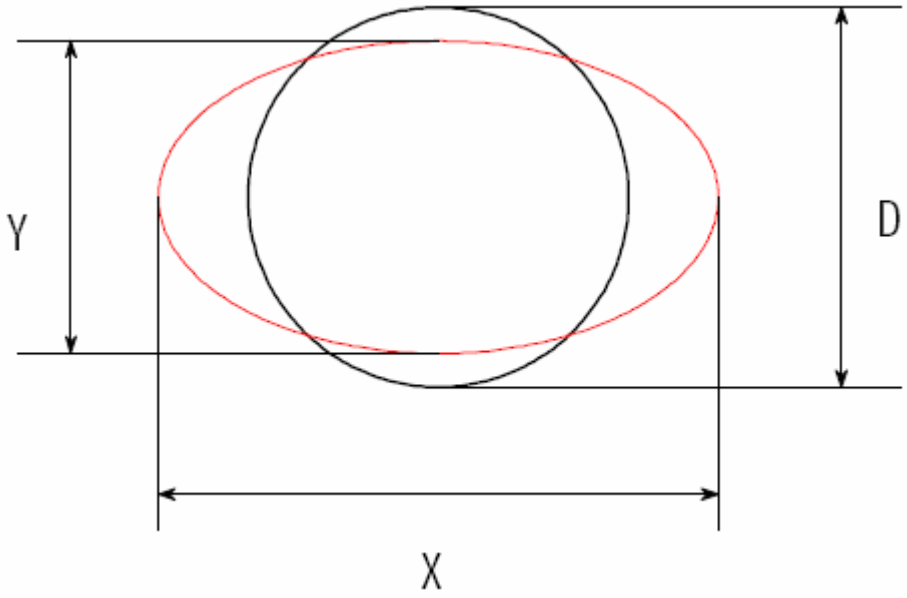
نسبة إمتلاء المطحنة ذات غرفة واحدة $24\% - 28\%$

نسبة إمتلاء المطحنة ذات دورة مغلقة $26\% - 32\%$

نسبة إمتلاء المطحنة ذات دورة غير مغلقة $26\% - 32\%$

الفرن الدوار

إطار الفرن الدوار و إنحرافه عن الشكل الدائري ، الشكل البيضوي لإطار الفرن الدوار



D القطر المثالي للإطار

X القطر في حالته القصوى

Y القطر في حالته الدنيا

مثلاً :

$D = 4.4m$

$X = 4.405m$

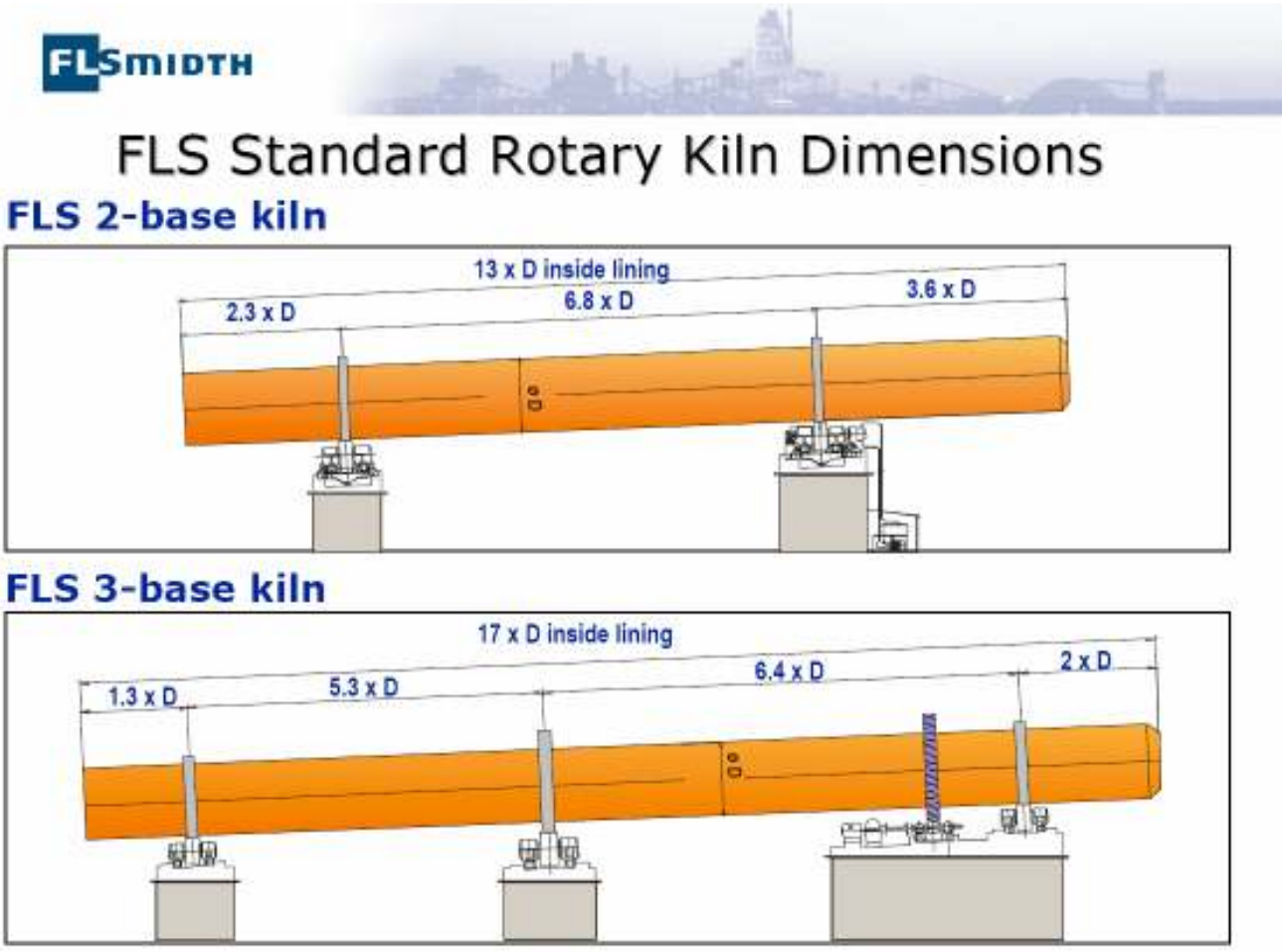
$Y = 4.395m$

نسبة إنحراف عن الشكل الدائري O_p

$$O_p = \frac{X-Y}{D} \cdot 100 \Rightarrow O_p = 0.227\%$$

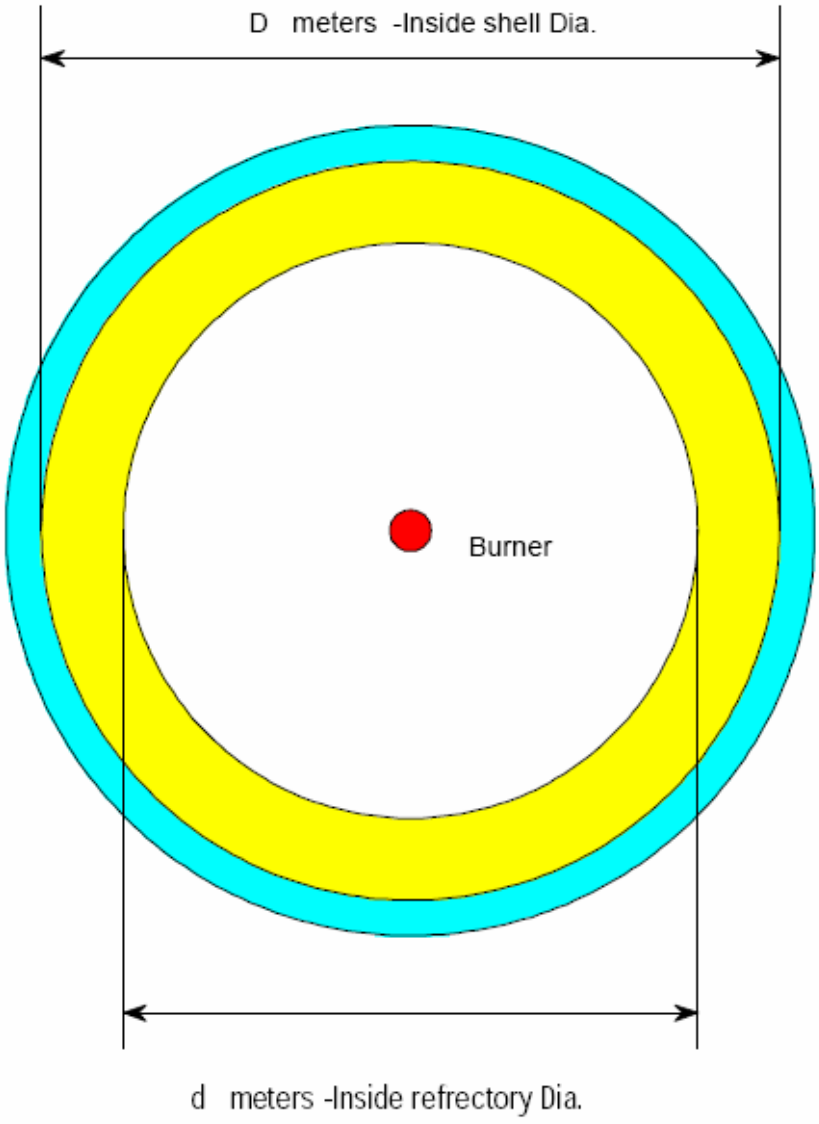
يجب أن يكون إنحراف الإطار عن الشكل الدائري صفر ، و النسبه القصوى 0.2%

الرابطه بين فواصل إطارات الفرن الدوار و القطر في نموذجان من فرن ذو إطاران و ثلاثة إطارات .



السعة الإنتاجيه للفرن الدوار

يعتبر الفرن الدوار من أهم أقسام معمل الإسمنت ، و تقاس السعة الإنتاجيه للمعمل من سعة إنتاج الفرن من الكلينكر ، كذلك سعة سائر المكائن و الآلات في معمل الإسمنت تحسب بالنسبة الى سعة إنتاج الفرن .



D القطر الداخلي للفرن الدوار (قبل الطابوق العازل للحرارة) الوحدة المتر

d القطر الداخلي للفرن الدوار (بعد رصف الطابوق العازل للحرارة) الوحدة المتر

مثال :

القطر الداخلي	$D = 4.8_m$
ضخامت الورق الفولادي للفرن الدوار	$w = 200_{mm}$
الطول الإجمالي للفرن الدوار	$L = 70_m$
سرعة الفرن الدوار	$N = 3.5_{rpm}$
زاوية (إستراحة) المواد داخل الفرن	$\alpha = 35_{\deg}$
إنحدار الفرن الدوار	$\beta = 3\%$

نسبة طول الفرن الى قطره :

$$R_{LD} = \frac{L}{D} \Rightarrow R_{LD} = 14.583$$

الحراة المعطاة للفرن الدوار حدود ستون مليون كيلو كالري في الساعة الواحدة

$$K = 60 \times 10^6 \frac{kcal}{hr}$$

كذلك :

$$d = D - 2\frac{w}{1000} \Rightarrow d = 4.4m$$

$$K_{TL} = \frac{K}{\pi . \frac{d^2}{4}} \Rightarrow K_{TL} = 3.946 \times 10^6 \frac{kcal}{m^2 \cdot hr}$$

حجم الفرن الدوار (الحجم الداخلي مع إحتساب ضخامت الطابوق العازل عن الحرارة)

$$V_i = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot L \Rightarrow V_i = 1.064 \times 10^3 m^3$$

الطاقة الإنتاجية القصوى للكلينكر من الفرن الدوار ، الوحدة طن من الكلينكر في اليوم الواحد

F_1 معامل ناتج الفرن الدوار ، يتغير المعمل هذا مع نوع الفرن مثلاً :

الفرن مع تسخين بدئي عادي $F_1 = 3$

الفرن مع التكليس $F_1 = 7$ الى 7.5

الطاقة الإنتاجيه النظريه للفرن من الكلينكر في اليوم الواحد

$$Q_{TH} = F_1 \cdot D^{3.283} \cdot L^{0.33}$$

$$Q_{TH} = 4.903 \times 10^3 \ {}^{t}\!/_{day}$$

الطاقة الإنتاجيه للفرن من الكلينكر بالنسبة لحجم الفرن

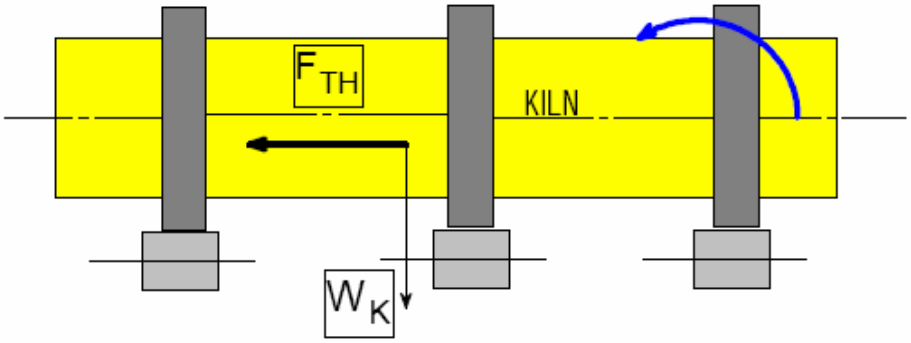
$$Q_{SP} = \frac{Q_{TH}}{V_i}$$

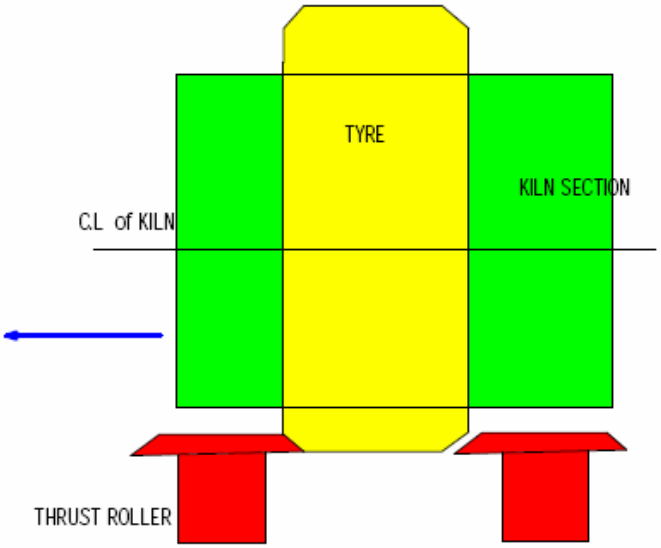
$$Q_{SP} = 4.607 \ {}^{\frac{t}{day}}\!/_{m^3}$$

طن في اليوم على الحجم الداخلي للفرن الدوار ، حجم الفرن الدوار يتغير نتيجة تشكيل طبقات من المواد اللاصقة بالطابوق العازل للحرارة داخل الفرن ، لذلك يجب تعين الحجم الحقيقي للفرن الدوار و ضربه بهذا العدد لتعين ناتج الفرن الدوار من الكلينكر في اليوم الواحد .

القوة الجانبيه الهيدروليكيه على الفرن الدوار (قوة الدفع)

ينحدار الفرن الدوار 2 الى 4 في المائة من طول الفرن عن الأفق ، و يساعد هذا الإنحدار على حركة المواد داخل الفرن . يؤدي هذا الإنحدار الى ظهور قوة أفقيه على الفرن و للإجتناب من أثرات هذه القوة توضع رولتان على جانبي أحد الإطارات . هذه القوة هي :





نفرض وزن الفرن الدوار $W_k = 868$ MT[1]

إنحدار الفرن الدوار $\theta = 2^\circ$

1- one Metric Tonne = 1 000 kilograms

لمحاسبة هذه القوة الجانبيه نستعين بهذا القانون :

$$F_{TH} = W_k \cdot \cos\left(\frac{90-\theta}{180}\cdot\pi\right) \quad \text{MT}$$

في هذا القانون θ حسب الراديان أي:

$$\theta = \frac{2^{\circ}}{180}\pi \Rightarrow \theta = 0.035_{radian}$$

إذن القوة الأفقيه تساوي :

$$F_{TH} = W_k \cdot \cos\left(\frac{90-\theta}{180}\cdot\pi\right) \Rightarrow F_{TH} = 30.293 \quad \text{MT}$$

الطاقة الإنتاجيه لمطحنة الإسمنت

الطاقه الإنتاجيه لمطحنة إسمنت بهذه المعطيات :

الطاقه الإنتاجيه (طن في الساعة الواحدة)	$P_r = ?$
المسحوق (Blain)	$P_f = 3200$
القطر الداخلي للمطحنة (متر)	$Di = 4$
الطول الكلي للمطحنة (متر)	$L = 14$
سرعة المطحنة (دورة في الدقيقة الواحدة)	$N = 12$
نسبة إمتلاء المطحنة (%)	$F = 28$
السحق ، كيلو وات ساعة للطن لمسحوق 3000 بلين	$G = 30$
معامل	$K_f = 9.55$

معامل تصحيح Blain :

$$B_f = e^{\left[\frac{P_f - 3000}{1000}\right] \cdot 0.49}$$

$$B_f = e^{\left[\frac{P_f - 3000}{1000}\right] \cdot 0.49} \Rightarrow B_f = 1.103$$

الطحن لهذه الدرجة من ال Blain

$$G_f = G \cdot B_f$$

$$G_f = G \cdot B_f \Rightarrow G_f = 33.089_{Kwh/t}$$ كيلو واط ساعة للطن الواحد

Grinding media

$$G_m = \frac{\pi \times Di^2 \times L \times F}{4 \times 100} \times 4.5$$

$$G_m = \frac{\pi \times Di^2 \times L \times F}{4 \times 100} \times 4.5 \Rightarrow G_m = 221.671_{ton}$$ طن

قدرة المطحنة

$$P = \frac{G_m \cdot K_f \cdot \sqrt{Di}}{1.36}$$

$$P = \frac{G_m \cdot K_f \cdot \sqrt{Di}}{1.36} \Rightarrow P = 3113kw$$ كيلو واط

الطاقه الإنتاجيه للمطحنة لهذه النسبة من السحق :

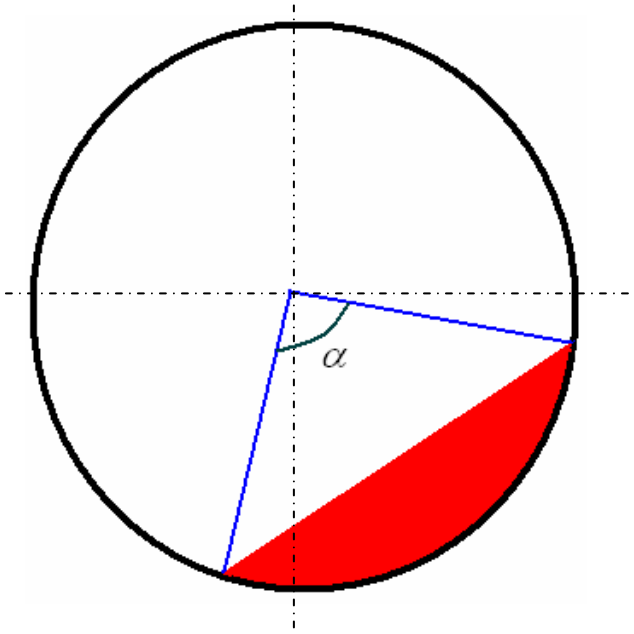
$$P_r = \frac{P}{G_f}$$

$$P_r = \frac{P}{G_f} \Rightarrow P_r = 94tph$$ طن في الساعة

بعض الروابط [1]

نسبة إمتلاء الفرن الدوار

α	110	105	100	95	90	85	80	75	70
% نسبة الإمتلاء	15.65	13.75	12.10	10.7	9.09	7.75	6.52	5.4	4.5



1- المصدر : قيادة الأفران الدواره للأستاذ المهندس محمد رضا عزيزيان

إنحدار الفرن الدوارعن الأفق

إنحدار أكثر الأفران بين 2 الى 4 في المائة . كلما كان دوران الفرن أقل كان إنحدار الفرن أكثر . و كلما كان الدوران أكثر الإنحدار يكون أقل . هذه بعض المقادير التجريبية لإنحدار الفرن و نسبة إمتلائه .

إنحدار الفرن	4.5	4	3.5	3	2.5
نسبة المواد في الفرن	9	10	11	12	13

من ناحية أخرى يرتبط شحن الفرن بالمواد بطول الفرن (L) و قطر الفرن (D) ، في الأفران التي تعمل بالطريقة الرطبة النسبة ($\frac{L}{D}$) تساوي 40 أو أكثر . يجب أن لا تجتاز نسبة المواد في الفرن 13 % لأن ذلك يترك آثار سيئة على التبادل الحراري للمواد .

الحركه الدورانيه للفرن

السرعة الخطيه المناسبه و الأقتصاديه للفرن الدوار 40 الى 70 سانتيمتر في الثانيه . مثلاً لفرن دوار قطره 5 متر و دورانه 1.5 دورة في الدقيقة الواحدة ، السرعة الخطية لهذا الفرن تساوي :

$$v_l = \pi D n \Rightarrow v_l = 3.14 \times (5 \times 100) \times (1.5 \times 60)$$

$$v_l = 39 \frac{cm}{\sec}$$

سرعة المواد في الفرن الدوار

الزمن الذي تستغرقه المواد أثناء حركتها داخل الفرن الدوار هو :

$$t = \frac{1.77L\sqrt{\theta}}{PDn}F$$

في هذه الرابطة :

t زمن حركة المواد (دقيقه)

L طول الفرن (متر)

P إنحدار الفرن (درجه)

D قطر الفرن (متر)

n دوران الفرن (دورة في الدقيقة)

θ زاوية إنزلاق المواد داخل الفرن الدوار حسب الدرجة . هذا العامل لخامات الإسمنت يساوي 40

F معامل الأحتكاك نتيجة و جود العوائق داخل الفرن ، هذا المعمل يساوي واحد للأفران التي تفقد العوائق في داخلها .

الصيغه المبسطة للرابطة لهذه المقادير هي :

$$t = \frac{1.77L\sqrt{40}}{PDn} \times 1 = \frac{11.2L}{PDn}$$

مثال :

زمن حركة المواد داخل الفرن ، لفرن بهذه المعطيات :

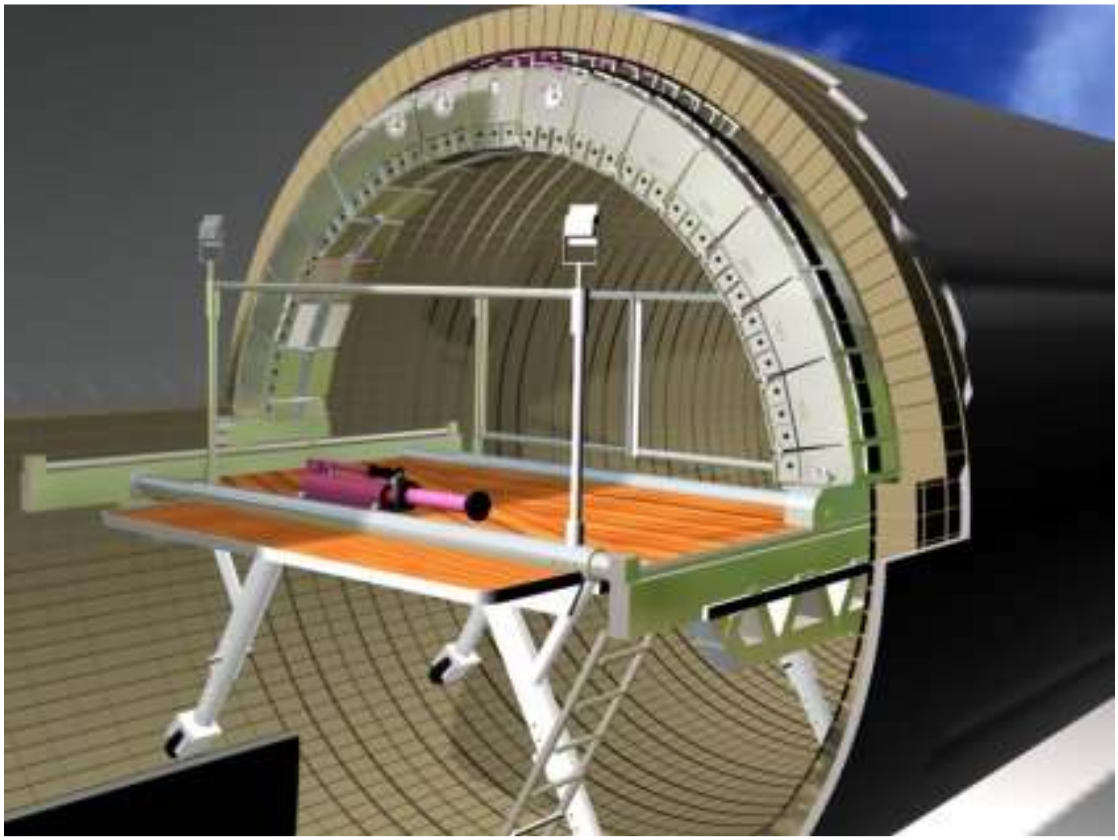
- طول الفرن : 75 متر
- قطر الفرن : 5 متر
- إنحدار الفرن : 2 درجة (2.5%)
- دوران الفرن : 1.5 دورة في الدقيقة

$$t = \frac{11.2 \times 75}{2 \times 5 \times 1.5} = 56$$ دقيقة

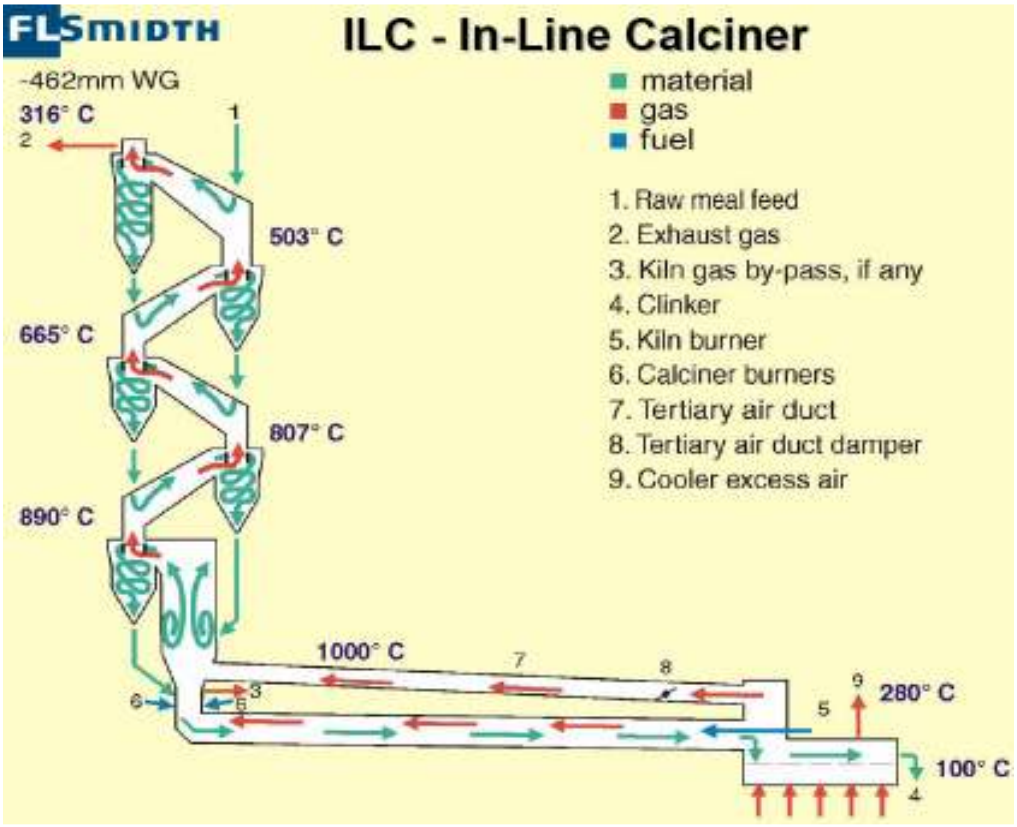
نتيجة التفاعلات الكميائية و التأثيرات الثرموكيميائية داخل الفرن الدوار سرعة المواد داخل الفرن غير ثابتة ، خصوصاً في منطقة الشي .

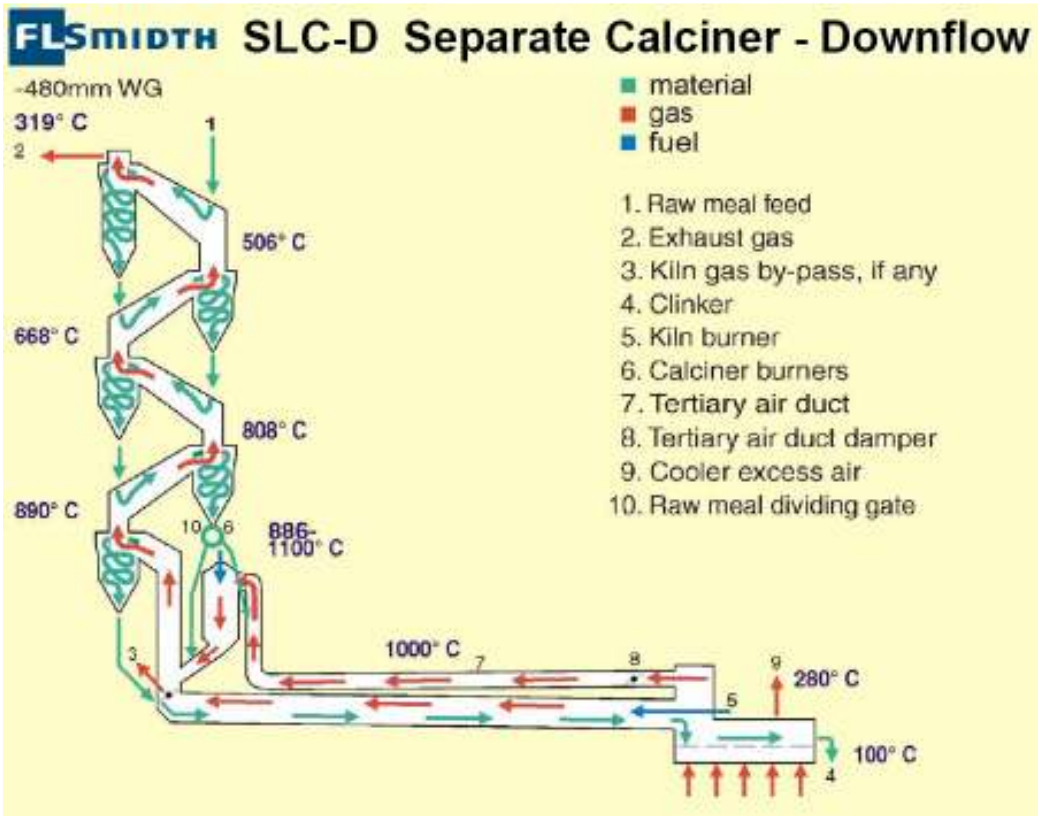
عازل الحرارة في الفرن الدوار

أقل درجة حرارة داخل الفرن الدوار ذو مسخن بدئي هي 900 درجة سانتيغراد ، و أعلى درجة حرارة هي أقلّ من درجة حرارة لهب الموقد $(1700°C-1800°C)$ في منطقة الشي بين 1350 الى 1450 درجة سانتيغراد . بما أن الهيكل الخارجي للفرن الدوار من الفولاد (الحديد) ، و تضعف الخصائص الميكانيكية للحديد في درجة حرارة تزيد عن 400 درجة سانتغراد لذلك لابد من درع عازل و عائق للحرارة داخل الفرن من الطابوق العازل للحرارة ، كذلك يعمل هذا العازل الحراري عمل المحافظ للهيكل الداخلي للفرن من التفاعل الكيميائي بين الحديد و المواد الكميائية في خامات الإسمنت .

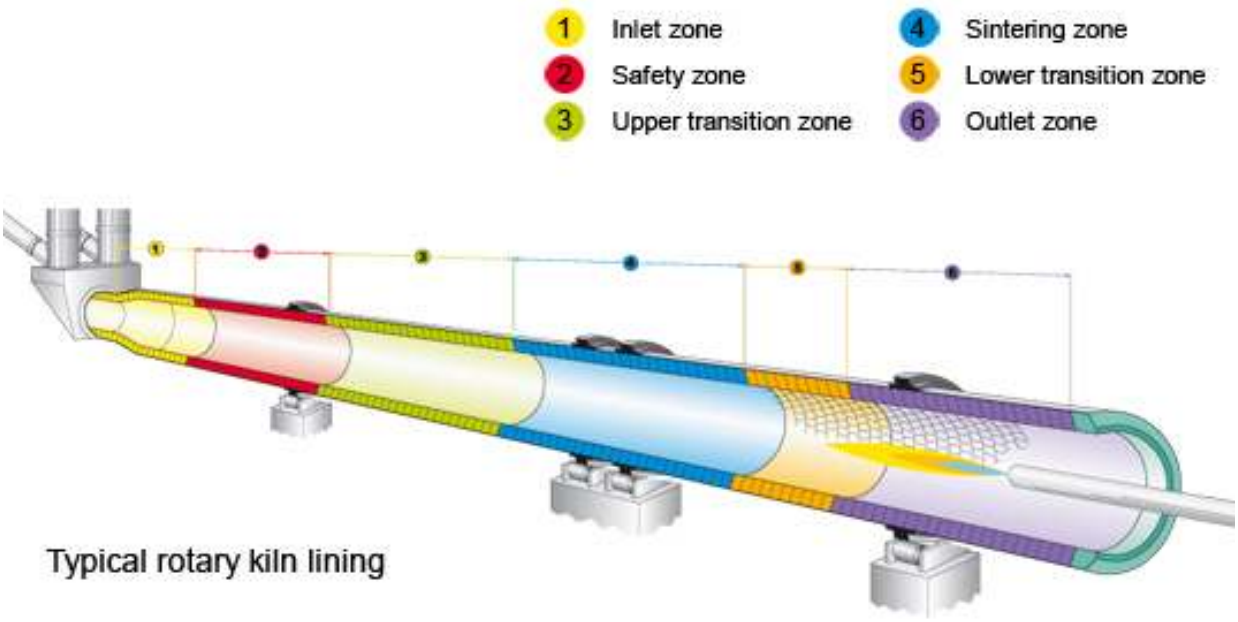


درجة الحرارة و مسير الهواء الساخن في الفرن الدوار لنوعين من المسخن البدئي لشركة FLS





المناطق المختلفة للفرن الدوار



الموقد في الفرن الدوار

معلومـــــــات و إحصـــــــائيات عـــن الكلينكـــــــر و الإســـــــمنت

- معلومات عامه
- مشخصات الأفران الدواره
- كيمياء الأسمنت
- اللآلات و المكائن في معمل إسمنت و السعه الإنتاجيه لكل منها
- الإنتاج العالمي للإسمنت
- أنواع الإسمنت
- ملاحق عن الإسمنت في الوطن العربي و إيران

- درجة حرارة الفرن في منطقة الشي $1500°C$
- درجة حرارة مؤخرة الفرن $1000°C$
- نسبة الأوكسجين في مؤخرة الفرن 2%
- في مبرد الكلينكر تتحول درجة حرارة الكلينكر من $1200°C$ الى $100°C$
- لتبريد الكلينكر في المبرد الى $100°C$ ، بحاجة الى حدود 2 الى 2.5 متر مكعب هواء لكل كيلو غرام كلينكر
- الحرارة اللازمه لكل كيلو كلينكر 750 كيلو كالري $750\frac{kcal}{kgClin\,\mathrm{ker}}$
- الحركه النسبيه بين إطار و هيكل الفرن من واحد الى ثلاثة سانتيمترات في كل دورة .
- في الأفران الكبيرة محور رولات الفرن يوازي محور الفرن
- القيمه الإجماليه لمشروع معمل إسمنت سعته الإنتاجيه مليون طن في السنه حدود 150 مليون يورو [1]
- لإنتاج طن واحد من الإسمنت نحتاج من 60 الى 130 كيلو غرام من وقود الزيت أو ما يعادله ، و هذا يرتبط بنوع الإسمنت . و بحاجة الى 105 كيلو واط ساعة من الكهرباء[1] .
- عدد الطاقم في معمل إسمنت حديث و ذو مكائن أوتوماتيكيه أقل من 150 نفر . وفرت صناعة الإسمنت في الإتحاديه الأوربيه 52800 فرصة عمل مباشرة[1] .

1- European Cement Association

مشخصات أنواع الأفران الدوارة[1]

نوع العمليه	جافة			شبه جافة		شبه رطبة		رطبة	
نوع الفرن	1 – 2stage SP [2]	4 stage SP	4 – 6 stage PC [3]	Long	Lepol	Lepol [1] 3 Chambers	3- 4 stage SP PC	long	2 stage PC
الرطوبة %	0.5 – 1.0			10 – 12		16 – 21		28 – 43	
سعة الفرن [a]	300 – 2800	300 – 4000	2000 – 10000	300 – 1500	300 – 2000	300 – 3000	2000 – 5000	300 – 3600	2000 – 5000
الحرارة النوعيه *	3.6- 4.5	3.1 – 3.5	3.0 – 3.2	3.5 – 3.9	3.2 – 3.6	3.6 – 4.5	3.4 – 3.6	5.0 – 7.5	4.5 – 5.0
حجم الهواء †	1.7 – 2.0	1.8 – 2.0	1.8 – 1.9	1.7 – 1.8	1.9 – 2.1	3.4 – 4.0	2.1 – 2.3	2.2 – 3.2	2.1 – 2.3
نسبة الأوكسجين O_2 %	4 – 5	8 – 9	8 – 9	4 – 5	6 – 10	12 - 14	8 - 10	4 - 5	5 - 6
حرارة الغاز في المرسب **	150	150	150	200	100	100	120 - 150	180-220	120 -150
حرارة نقطة الندى ***	45 - 65			50 - 60		55 - 65		70 - 80	

1- Lepol = Travelling grate preheater kiln

2- SP = Cyclone preheater kiln

3- PC = Cyclone preheater / precalciner kiln

a- t/d إنتاج الفرن من الكلينكر طن في اليوم

† - حجم الهواء اللازم $\frac{Nm^3}{kgcli_{dry}}$

* - الحرارة اللازمه غيغا جول لكل طن كلينكر $\frac{Gj}{ton}$

** - درجة حرارة الهواء في المرسب الإلكتروستاتيكي حسب الدرجة سانتيغراد

*** - درجة حرارة نقطة الندى حسب الدرجة سانتيغراد

1- European Cement Association

كيمياء الإسمنت

التركيب الكيميائي للكلينكر و ثلاث أنواع من الإسمنت التجاري

	الكلينكـــــــــــــــــر		الإســـــمنت		
%	High Alkali†	Low Alkali†	M1	M2	M3
CaO	63.5	64.6	64.1	61.1	61.5
Al_2O_3	5.7	5.0	4.9	4.4	4.3
Fe_2O_3	2.4	4.0	3.0	3.2	3.1
SiO_2	20.4	20.9	20.6	19.3	19.5
MgO	2.4	1.2	1.8	4.2	4.1
SO_3	3.3	2.9	2.7	4.1	3.8
Na_2O	0.2	0.1	-	0.13	0.12
K_2O	1.1	0.4	-	1.51	1.48
Na_2O_{eq}	0.91	0.37	0.42	1.09	1.07
Fineness*	**	**	365	401	583
C_3S	62	64	67	68	69
C_2S	12	11	8	4	4
C_3A	11	7	8	6	6
C_4AF	7	12	9	10	9

† التحليل للإسمنت البورتلاندي مع درجة النعومه $400\ \frac{m^2}{kg}$

* النعومه و وحدتها $\frac{m^2}{kg}$ ** المقدار يرتبط بدرجة سحق الكلينكر

المصدر : ASTM

الآلات والمعدات في شركة إسمنت تبوك و سعة إنتاج كل منها[1]

الجدول أدناه يمثل مختصر عن أهم المعدات بالمصنع:

المعدة	نوعها	المواصفات الفنية	الشركة المصنعة
كسارة حجر جيري	Impact (Single Rotor Impactor)	سعة **1000 طن/ساعة**	KRUPP Germany
كسارة الشست وخام الحديد	Impact (Single Rotor Impactor)	سعة **400 طن/ساعة**، حجم مخرجاتها شست 95% أقل من 65مم، خام الحديد 95% أقل من 35مم	KAWASAI Japan
كسارة الجبس	Impact (Single Rotor Impactor)	سعة **40 طن/ساعة**، حجم مخرجاتها 95% أقل من 20مم	KRUPP Germany
الخلط الأولي للمواد الخام	Triangular Chevron Longitudinal	طريقة شيفرون للرص، بسعة **1200 طن/ساعة** للتخزين، **400 طن/ساعة** للسحب وسعة إجمالية **2×22500 طن**	BEDESCHI Italy
مطحنة المواد الخام	UBE-LOESCHE MILL LM 38.41	**320 طن/ساعة**	UBE Japan
صوامع تجانس خلطة المواد الخام	Continues Blending System BMH	سعة **2× 10.000 طن** أبعاده 18 م × ارتفاع 47م	BMH Germany
وحدة الكلسنة	UNSP high efficiency and low pressure loss	سعة **3500 طن/يوم** كلنكر، ذو خمس مراحل مع وحدة تفتيت حراري	UBE Japan
فرن دوار	UBE Dry Kiln	أبعاده 4.55 عرض × 68م ارتفاع. 3 إسطوانات دوارة بسرعة 0.3 - 3.5 دورة بالدقيقة، درجة ميل 100/4 سعة **4000 طن/يوميا**	UBE Japan
مبرد كلنكر	Combi Cooler Grate	سعة **3500 طن يوميا**، مساحته 74.84 م2	BMH Germany
مطحنة الأسمنت	KAWASAKI Center Drive Ball Mill with high efficiency classifier (O-SEP A NK2-2500)	2 × (3300 ك/واط - عرض 4.2م × 13 متر ارتفاع) السعة **2× 110طن/ساعة**	KAWASAKI Japan
آلة تعبئة وشحن	Electronic rotary packer 8-spout	سعة **4 × 2400 كيس/ساعة** (4 جهاز تحميل آلي وواحد يدوي)	BMH Germany
تحميل الأسمنت السائب	Air Slide	سعة **2 × 150 طن/ساعة**، 2 ميزان	
نظام التحكم بالمصنع	Digital Control System (DSC)		YOKOGAWA Japan

1- المصدر : موقع شركة إسمنت تبوك http://www.tcc-sa.com/01html/assetsar.htm

الإنتاج العالمي للإسمنت و الكلينكر لسنة 2004 و 2005

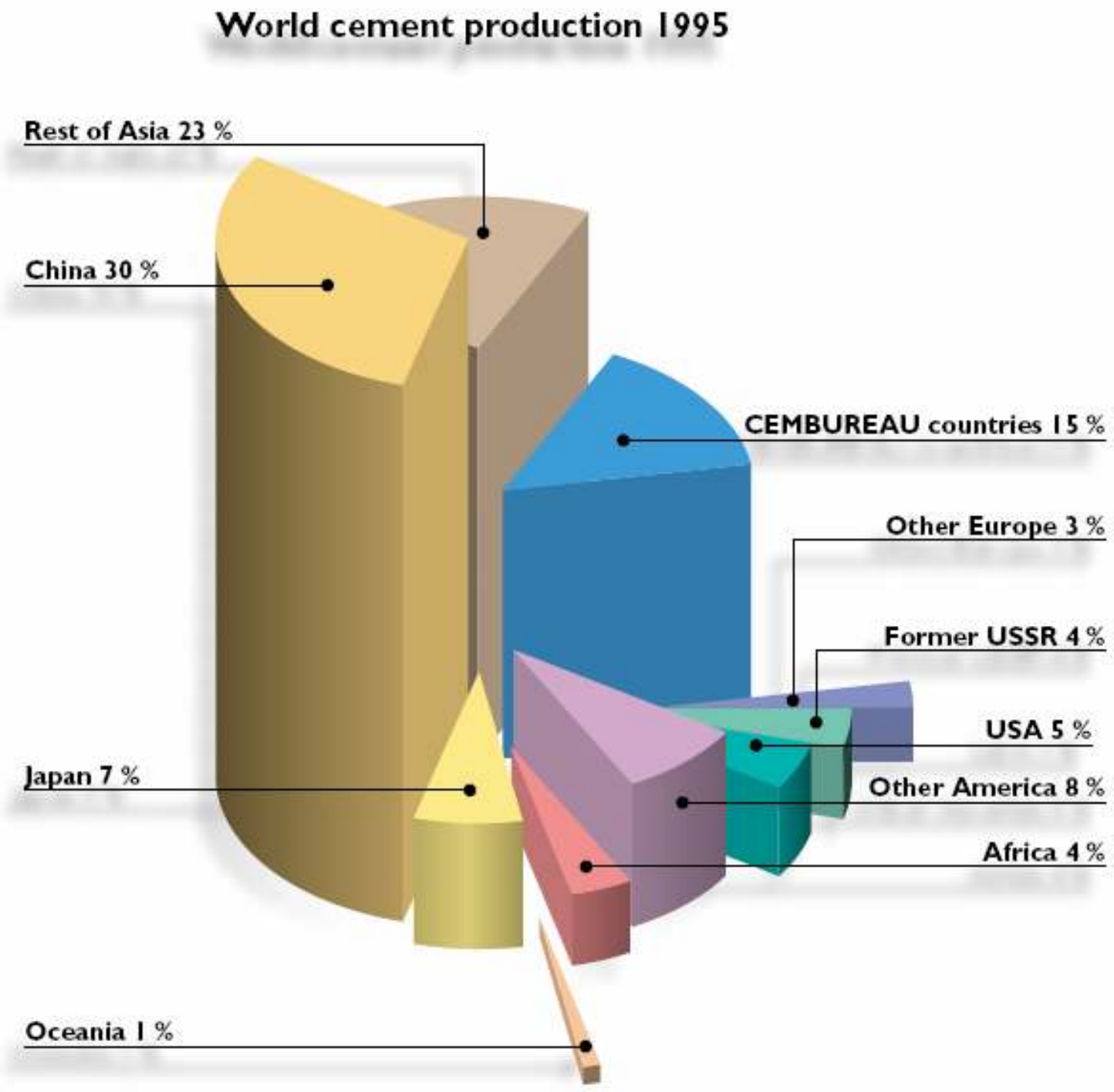
مليـــــون طـــن

الدولـــــــــه	إنتاج الإسمنت		سعة إنتاج الكلينكر	
السنة	2004	2005	2004	2005
الولايات المتحد[1]	99	99.1	105	106
البرازيل	38	39	45	45
الصين	934	1000	850	850
مصر	28	27	35	35
فرنسا	21	20	22	22
المانيا	32	32	31	31
الهند	125	130	150	150
اندنوسيا	36	37	42	42
ايران	38	32	33	35
ايطاليا	38	38	46	46
اليابان	67	66	76	74
جمهورية كوريا	53	50	62	62
المكسيك	35	36	40	40
روسيا	43	45	65	65
العربيه السعوديه	23	24	24	24
اسبانيا	46	48	40	40
تايلند	35	40	50	50
تركيا	38	38	35	35
فيتنام	25	27	20	22
الدول الأخرى	381	392	330	346
مجموع الإنتاج العالمي	2130	2220	2100	2120

المصدر : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2006

1- الولايات المتحده الامريكيه و برتريكو

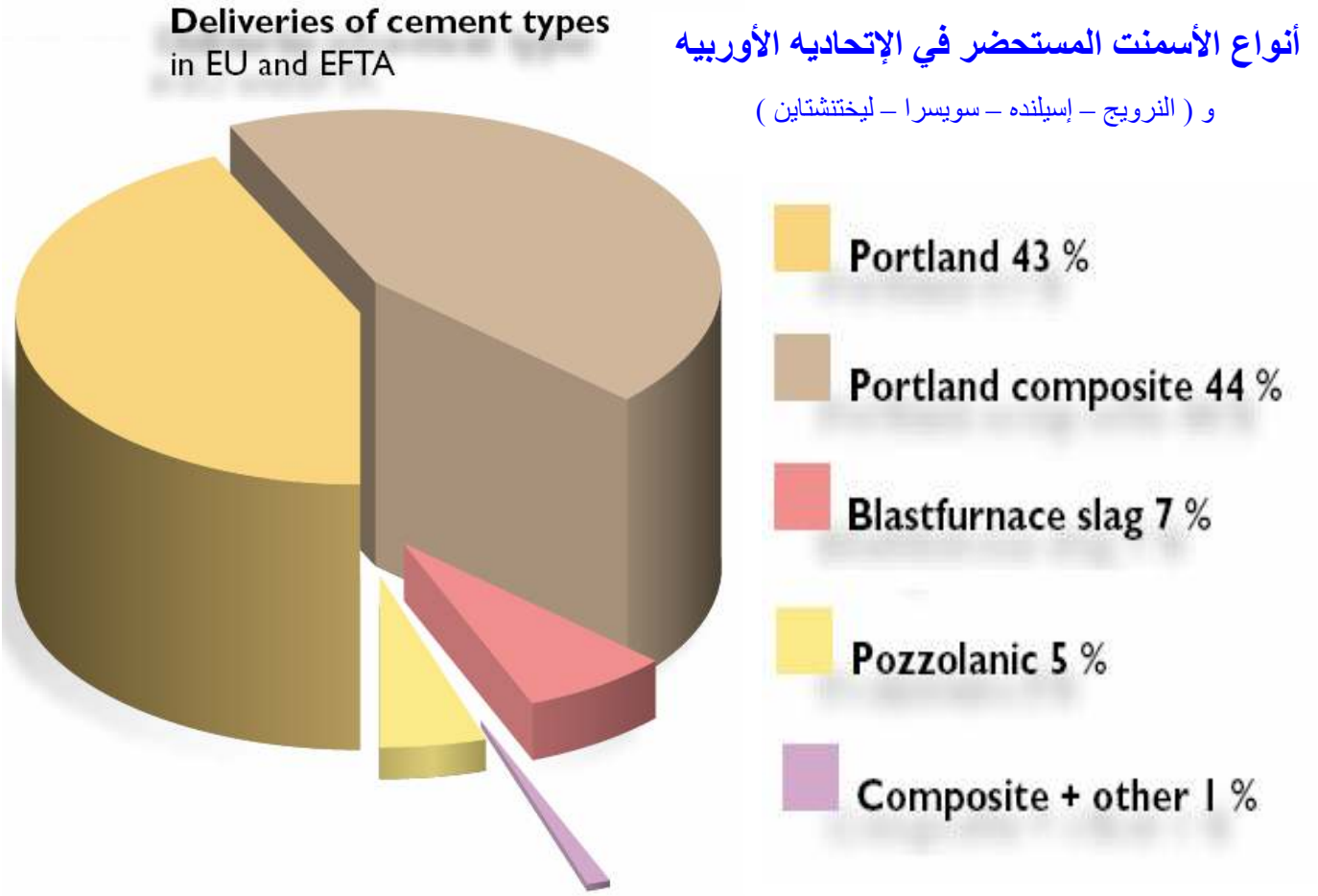
الإنتاج العالمي للإسمنت لعام 1995



المصدر : European Cement Association

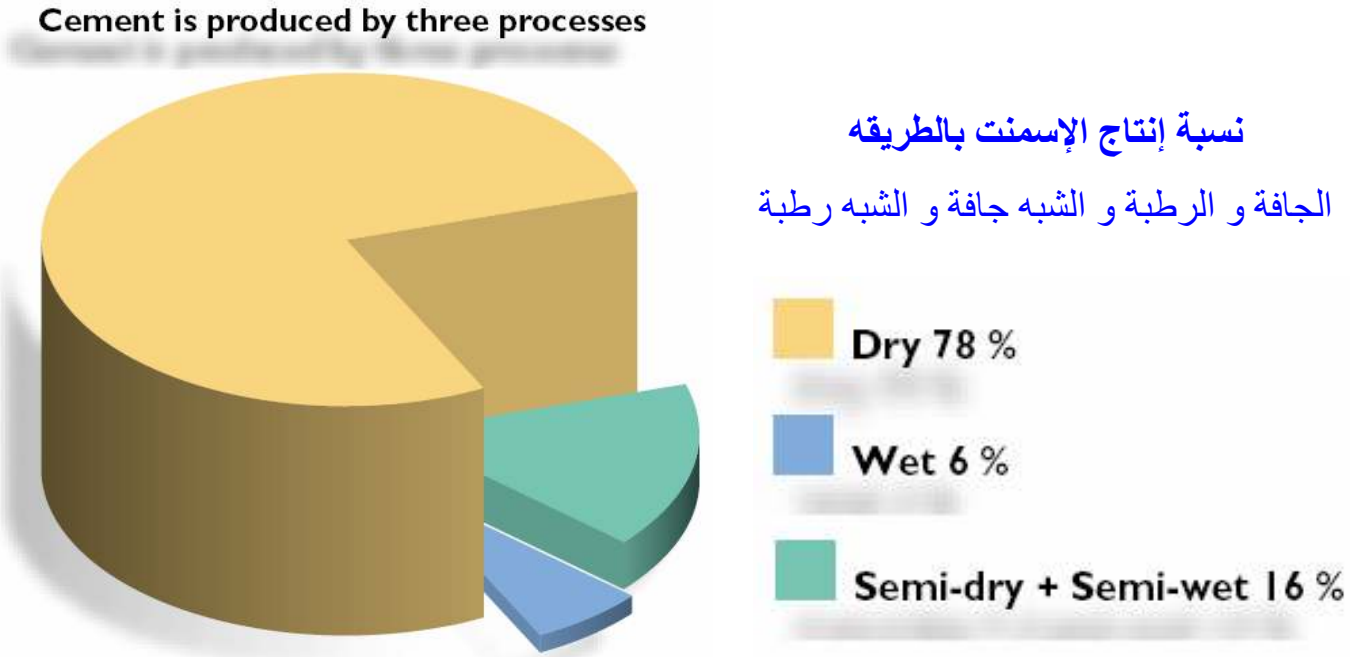
أنواع الأسمنت المستحضر في الإتحاديه الأوربيه

و (النرويج – إسيلنده – سويسرا – ليختنشتاين)



نسبة إنتاج الإسمنت بالطريقه

الجافة و الرطبة و الشبه جافة و الشبه رطبة



المصدر : European Cement Association

ملاحق عن إنتاج الإسمنت و الكلينكر في الوطن العربي و إيران

Cement and Clinker Production in Arab Countries

Planned and under-construction Expansions in the Arab Countries until 2010						
Unit: 1000t						
Total Arab Countries	Expected expansion - cement	Expected expansion - Clinker	Current Capacities		Forecast total after expansion	
			Cement	Clinker	Cement	Clinker
	119.886	109.646	146.813	109.205	266.699	228.851

Planned and under-construction Expansions in GCC Countries								
Unit: 1000t								
Area	Current Capacities		Planned and Under-Construction Expansions					
	Cement	Clinker	Cement	% of Total Expansions in Arab Countries	Clinker	% of Total Expansions in Arab Countries	Forecast total after expansion	
The whole Region			69.166	56.13	59.581	52.96	Cement	Clinker
Bahrain	346							
Oman	2.048	1.950	3.270	4.94	3.150	5.54	5.318	1.950
Qatar	1.500	915	2.760	4.17	2.700	4.75	4.260	3.615
Saudi Arabia	25.513	22.733	24.619	36.02	23.611	39.63	50.429	46.344
UAE	11.100	6.300	38.220	32.42	30.120	27.90	49.320	36.420

Planned and under-construction Expansions in Mashreq Countries								
Unit: 1000t								
Area	Current Capacities		Planned and Under-Construction Expansions					
	Cement	Clinker	Cement	% of Total Expansions in Arab Countries	Clinker	% of Total Expansions in Arab Countries	Forecast total after expansion	
The whole Region			41.275	34.43%	40.860	37.27%	Cement	Clinker
Egypt	38.200	36.400	18.900	45.79	18.800	45.55	57.100	55.200
Iraq	14.029	13.472	4.800	11.63	4.800	11.75	18.829	18.272
Jordan	4.685	4.037						
Sudan	510	480	3.365	8.15	3.300	8.08	3.875	3.780
Syria	50.31	4.592	8.960	21.71	8.760	21.44	13.991	13.352
Yemen	1.275	1.215	5.250	12.72	5.200	12.73	6.525	6.415

Planned and under-construction Expansions in Maghreb Countries								
Unit: 1000t								
Area	Current Capacities		Planned and Under-Construction Expansions					
	Cement	Clinker	Cement	% of Total Expansions in Arab Countries	Clinker	% of Total Expansions in Arab Countries	Forecast total after expansion	
The whole Region			9.445	7.88%	9.205	8.40%	Cement	Clinker
Algeria	13.500	12.209	1.575	16.00	1.500	16.12	15.075	13.709
Libya	6.130	5.806	4.200	42.66	4.200	45.14	10.330	10.006
Morocco	11.100	9.796	3.200	32.50	2.800	30.09	14.300	12.596
Tunisia	7.450	6.340	470	4.77	705	7.58	7.920	7.045

Source: www.iea.org/textbase/work/2006/cement/Al-Rousan.pdf

IRAQ: STRUCTURE OF THE CEMENT INDUSTRY IN 2004

(Metric tons unless otherwise specified)

Major operating companies, major equity owners, and plants	Process type and location of main facilities	2004 operating capacity	Annual design capacity
Iraqi Cement Co. (Government, 100%)			
Al Tamim Cement Plant	2 dry process lines at Kirkuk	150,000	2,000,000
Kubaisa Cement Plant	2 dry process lines at Kubaisa	150,000	2,000,000
Al Qaim Cement Plant	1 dry process line at Al Qaim	90,000	1,000,000
Fallujah White Cement Plant	3 dry process lines at Fallujah	50,000	300,000
Fallujah Cement Plant	2 wet process lines at Fallujah	--	200,000
Northern Cement Co. (Government, 100%)			
Sinjar Cement Plant	2 dry process lines at Mosul	290,000	1,200,000
Badoosh III Cement Plant	1 dry process line at Mosul	250,000	1,000,000
Badoosh II Cement Plant	2 wet process lines at Mosul	130,000	700,000
Hammam Al Alil II Cement Plant	1 wet process line at Mosul	15,000	450,000
Hammam Al Alil I Cement Plant	2 wet process lines at Mosul	--	200,000
Badoosh I Cement Plant	do.	--	190,000
Southern Cement Co. (Government, 100%)			
Karbala Cement Plant	2 dry process lines at Karbala	90,000	2,000,000
Muthena Cement Plant	2 dry process lines, 37 kilometers from Muthena	220,000	2,000,000
Al Najaf Al Ashref Cement Plant	4 wet process lines at Kufa	420,000	1,800,000
Um Qasr	1 dry process line at Um Qasr	60,000	500,000
Al Jinoob Cement Plant	1 wet process line at Samawa	25,000	450,000
Samawa Cement Plant	do.	--	400,000
Kufa I Cement Plant	1 wet process line at Kufa	145,000	200,000
Al Sadaa Cement Plant	2 wet process lines near Sadat Al Hindia	72,000	150,000
Tasluja Cement Plant (Kurdistan Regional Government)	2 dry process lines near Suleimaniyah	300,000	2,300,000
United Cement Co. (Kurdistan Regional Government)	2 wet process lines at Sarchinar	100,000	250,000
Total		2,557,000	19,290,000

-- Negligible or no production.

Sources: The European Cement Association, company reports, press articles, and U.S. Department of Commerce.

IRAN CEMEN and CLINKER PRODUCTION (2005-2006)

Name	Clinker		Cement	
	Production	Efficiency	Production	Efficiency
Abyek (FKCC)	2217643	98.56	2538039	108.04
Abadeh	191710	108.38	207683	110.02
Ardebil	763391	110.64	856589	119.37
Behbahan	608334	67.59	691860	73.93
Benvid white	143511	84.77	130703	79.79
Bohrouk	130317	12.07	9195	0.82
Bojnourd	660697	110.12	716141	114.77
Bushehr	1053764	117.08	1177582	125.81
Darab	909479	101.05	1041633	111.29
Doroud	857847	71.67	909173	73.03
Ekbatan	154609	93.70	180411	105.13
Estahban	260044	83.55	310122	94.66
Fars	639225	81.17	751426	91.75
Fars Nov	73177	8.13	40970	4.38
Qayen	671775	101.78	739501	107.74
Gharb	567264	94.54	630139	100.98
Hegmatan	454741	58.30	649331	80.05
Hormozgan	1826239	101.46	1804960	96.42
Ilam	553185	83.82	592439	86.31
Isfahan	993935	99.79	1028792	99.33
Karoon	904012	100.45	961841	102.76
Kavir Kashan	101064	18.87	91881	16.50
Kerman	1190456	107.83	1290015	112.35
Khash	541180	90.20	763750	122.40
Khazar	539800	89.97	587118	94.09
Khuzestan	856918	95.21	933524	99.74
Kohkilouyeh	158975	68.82	170084	70.80
Kordestan	810323	103.89	832485	102.62
Loshan	97290	49.14	98750	47.96
Neka	564340	94.06	601012	96.32
Qeshm	--	--	122438	42.51
Neyriz white	138522	87.95	140784	85.95
Saveh white	312050	99.06	279753	85.39
Sepahan	1933917	97.67	2526575	122.70
Shahroud	780330	96.34	834500	99.06
Shargh	1375580	98.77	1495725	103.26
Shomal	781661	144.22	763937	97.94
Shomal white	44202	51.52	41665	46.69
Soufian	1382858	96.84	1412056	95.08
Tehran	1960097	84.31	2013931	83.29
THR 7th U	576577	96.10	605207	96.99
Uromiyeh	874778	100.55	903596	99.96
Urmia white	154458	98.07	166346	101.55
Total	29805265	94.12	32643661	98.26

Source of Data : Dept. of Mine Industry ; Ministry of Industry & Mine

النموذج الكوني

ألقت أول مشاهدة لي للمواد المذآبة داخل الفرن الدوار و خروج الكلينكر على شكل كرات صغيرة مختلفة الأقطار ، فكرة كيفية تشكيل الأجرام السماوية و علة إختلاف أقطار الأجرام السماوية في الفضاء .

تبحث نظرية الإنفجار العظيم فكرة تشكيل الكون من إنفجار عظيم للمواد الأولية المشكلة للكون ، و يرتكز هذا البحث على اللحظات الأولى للإنفجار العظيم في جزء جداً ضئيل من الثانية و حرارة جداً عالية . لا تلقي هذه النظرية الضوء على الزمن الذي يتلي الإنفجار و لا تعطي علة تناثر الكرات في الفضاء ولا علة إختلاف أقطار الأجرام السماوية حتى ساقتني مشاهدتي للمواد المذآبة في الفرن الدوار، الى فرض حركة المواد في زوبعات التسخين البدئي و الفرن الدوار بنموذج كوني ، يقوم هذا النموذج بتشبيه الإنفجار العظيم و تشكيل الأجرام السماوية بفرن دوار و تشكيل الكلينكر فيه .

هناك عوامل عديدة تؤثر على قطر و شكل الكلينكر الخارج من الفرن هذه العوامل هي قطر الفرن و طوله ، الحركة الدورانية للفرن ، إنحدار الفرن الدوار عن الأفق (يرتبط بجاذبية الأرض) ، لزوجة المواد في منطقة الشي ، زمن حركة المواد داخل الفرن و بالأخص في منطقة الشي ، كتلة المواد أو نسبة أمتلاء الفرن بالمواد ، درجة حرارة الفرن

هذه الحرارة متغيرة في أمتداد الفرن لكن متوسط الحرارة في منطقة الشي لها الأثر الأساسي على شكل الكلينكر ، معامل الموصلية الحرارية للمواد . هذه بنظري أهم العوامل الفيزيائية و الميكانيكية التي تؤثر على قطر الكلينكر الخارج من الفرن . يعتمد النموذج الذي أفترضته على العوامل و المتغيرات و الكميات هذه ، و هناك عوامل أخرى يمكن إحتسابها كمقاومة الريح داخل الفرن ، و الموانع الأخرى و عوامل كيميائية تدخل في تركيبة المواد ، و نوع الطابوق العازل و غيرها .

ثبات العوامل التي أفترضتها يعطي شكل كروي للكلينكر ، لكن بعض التغيرات و الصدمات الحرارية تجعل تماسك الكلينكر على شكل كتل و هذا يستطلب تفتيته في الكسارة المطرقيه المعبئة في إنتهاء مبرد الكلينكر . درجة حرارة مركز الكلينكر الخارج من الفرن و من المبرد أكثر من سطحة و هذا كذلك يوحي الى علة إنصهار المواد داخل الأجرام السماوية و الإختلاف الشديد بين درجة حرارة مركز الأجرام السماوية و سطحها كما هو على كوكب الأرض ، و كإنما هذه الأجرام قد خرجت من الفرن و الآن هي في فترة التبريد . الحالة المثالية للعوامل و الكميات و المتغيرات هي المعيار للنموذج الكوني الذي أفترضته .

من الصعب الإستعانة بمعادلة حفاظ الكتلة في الفرن الدوار و ذلك لأن الكتلة التي تدخل الفرن لا تساوي الكتلة الخارجة منه و ذلك لوجود الرطوبة في المواد و كذلك وجود ماء التبلور في كريستال المواد الذي تفقده المواد نتيجة الحرارة العالية و يصعب تعين مقداره .

توحي كروية الأجرام السماوية على إنها مرّت في مرحلة من مراحل تشكيلها بمرحلة الإنصهار و الذوبان و وجود حركة دورانية أعطى الشكل الكروي لهذا المذآب . لو إن

الفضاء خالي من العوائق و جميع المعامل الفيزيائية و الميكانيكية و الخصائص الكميائية و تغيرات درجة الحرارة ثابتة في كلّ الفضاء لكان شكل الأجرام السماوية كرة كاملة و جميعها متساوية الأقطار ، بينما الأجرام في الفضاء ليست كذلك .

في كلّ منطقة من المسخن البدئي و الفرن الدوار و مبرد الكلينكر تحدث إنفعالات كيميائية و فيزيائية مختلفة على المواد ، حتى تأخذ المواد الشكل الكروي النهائي . في الوقت الذي كانت فيه هذه المواد في المسخن البدئي بشكل غبار من الأتربة في حركة زوبعية ، تدخل الفرن و في كل منطقة من مناطق الفرن تحدث إنفعالات خاصة حتى تصل منطقة الشي فيصبح هذا الغبار كتلة مذآبة و نتيجة الحركة الدورانية للفرن يصعد هذا المذآب الى إرتفاع خاص ثم يهوي الى الأسفل تكرار هذه الحالة و تقدم المواد في الفرن الى الأمام نتيجة إنحدار الفرن يؤدي الى إبتعاد المواد عن منطقة الشي و هبوط درجة الحرارة فتتصلب المواد مشكلة كرات تعرف بالكلينكر ، هذا النموذج يوحي بتشابه بين هذه الكرات الكلينكرية الصغيرة و الأجرام السماوية .

إستعنت في هذا النموذج بنظرية باكينجهام في التحليل البُعدي و نظرية الأنمذجة ، و للمزيد من المعلومات حول هذه النظرية الرجوع الى الكتاب الذي ترجمته و أعددته حول هذا الموضوع و هو : **التحليل البُعدي و نظرية الأنمذجة** .

العوامل المؤثرة على شكل و قطر الكلينكر الخارج من الفرن الدوار هي :

العلامه	الكمية	الوحدات المؤثرة
d	قطر الكلينكر الخارج من الفرن الدوار ؟	L
l	طول الفرن الدوار	L
D	قطر الفرن الدوار (القطر الداخلي)	L
m	كتلة المواد في الفرن الدوار	M
τ	الزمن الذي أستغرق في حركة المواد داخل الفرن	T
ω	عدد دوران الفرن في وحدة الزمن	T^{-1}
θ	درجة حرارة الفرن (متوسط درجة حرارة الشي)	Θ
k	معامل الموصلية الحرارية للمواد	$MLT^{-3}\Theta^{-1}$
μ	معامل اللزوجه الديناميكيه	$ML^{-1}T^{-1}$
α	إنحدار الفرن عن الأفق	الدرجة ، لا وحدة لها

الوحدات الأساسيه لهذه الكميات هي :

الطول L متر ، **الكتلة** M كيلوغرام ، **الزمن** T ثانيه ، **الحرارة** Θ سانتيغراد

نكتب هذه الكميات و وحداتها بصيغة جدول كما هو في شكل الصفحة القادمة :

	l	d	D	m	τ	ω	μ	k	θ	α
M	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
L	1	1	1	0	0	0	-1	1	0	0
T	0	0	0	0	1	-1	-1	-3	0	0
Θ	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0

α هذه الكمية لا بعد لها لذلك يمكن فرضها عدد لابُعدي

عدد المتغيرات المؤثرة في هذه المسئلة $n=9$

عدد الوحدات المؤثرة $r=4$

عدد الكميات المتكررة في كل عدد لا بُعدي هو $m=r=4$ ، و هذا كذلك يساوي رتبة أكبرمصفوقة محددتها مخالفة للصفر كما هو في هذا الشكل :

	l	d	D	m	τ	ω	μ	k	θ
M	0	0	0	1	0	0	1	1	0
L	1	1	1	0	0	0	-1	1	0
T	0	0	0	0	1	-1	-1	-3	0
Θ	0	0	0	0	0	0	0	-1	1

عدد المجموعات اللا بُعدية (الأعداد اللا بُعدية) هي : $n-r=9-4=5$

الأعداد اللا بُعدية في هذه المسئلة هي :

$$\pi_1 = dD^{a_1} k^{a_2} \mu^{a_3} \omega^{a_4}$$

$$\pi_2 = lD^{a_5} k^{a_6} \mu^{a_7} \omega^{a_8}$$

$$\pi_3 = mD^{a_9} k^{a_{10}} \mu^{a_{11}} \omega^{a_{12}}$$

$$\pi_4 = \tau D^{a_{13}} k^{a_{14}} \mu^{a_{15}} \omega^{a_{16}}$$

$$\pi_5 = \theta D^{a_{17}} k^{a_{18}} \mu^{a_{19}} \omega^{a_{20}}$$

لتعيّن المعامل a_1 و a_2 و a_3 و a_4 بحيث يصبح π_1 لا بُعد له ، نعمل بهذه الصورة :

$$\begin{cases} \mathbf{L}: & 1+1\times a_1+1\times a_2-1\times a_3+0\times a_4=0 \\ \mathbf{M}: & 0+0\times a_1+1\times a_2+1\times a_3+0\times a_4=0 \\ \mathbf{T}: & 0+0\times a_1-3\times a_2-1\times a_3-1\times a_4=0 \\ \boldsymbol{\theta}: & 0+0\times a_1-1\times a_2+0\times a_3+0\times a_4=0 \end{cases}$$

من حل هذه المجموعة معادلات نحصل على :

$$\begin{cases} a_1=-1 \\ a_2=0 \\ a_3=0 \\ a_4=0 \end{cases}$$

العدد اللا بُعدي π_1 يصبح : $\pi_1 = \frac{d}{D}$ نعمل بهذه الصورة لتعيّن سائر المعامل ، إذن :

$$\pi_1 = \frac{d}{D}$$

$$\pi_2 = \frac{l}{D}$$

$$\pi_3 = \frac{m\omega}{\mu D}$$

$$\pi_4 = \tau\omega$$

$$\pi_5 = \frac{\theta k \omega^2}{D^2 \mu}$$

$$\pi_6 = \alpha$$

نضيف العدد اللا بُعدي هذا الى هذه الأعداد

الدالة التي تربط هذه الأعداد اللا بُعدية هي :

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6)$$

$$\frac{d}{D} = f(\frac{l}{D}, \frac{m\omega}{\mu D}, \tau\omega, \frac{\theta k \omega^2}{D^2 \mu}, \alpha)$$

إذن قطر الكلينكر الواحدة الخارجة من الفرن الدوار تستنتج من هذه الرابطة :

$$d = D \times f(\frac{l}{D}, \frac{m\omega}{\mu D}, \tau\omega, \frac{\theta k \omega^2}{D^2 \mu}, \alpha)$$

تبين هذه الرابطة وجه التشابه بين الكرات السماوية و الكرات الكلينكريه من ناحية العوامل و المعامل التي تؤثر على قطر كل منهما . يمكن فرض فكرة تشكيل الكرات السماوية بفرن دوار . بحيث يشمل هذا التشابه كل من التشابه الهندسي ، و السينماتيكي و الديناميكي ، فالتشابه الهندسي بين الكرات الكلينكرية و السماوية هو وجود تناظر نقطة الى نقطة بين الكرة الكلينكرية و السماوية . كذلك من الناحية السينماتيكية لا يمكن الحكم على حركة الأجرام السماوية بالحركة الدورانية لها حول الشمس أو حركتها في أفلاك مختلفه ، لكن ما هو نحن في صدده حول التشابه السينماتيكي هو، حركة الأجرام السماوية قبل أستقرارها في أفلاكها و مداراتها ، و هذه الحركة يمكن فرضها كحركة المواد و الكلينكر داخل الفرن الدوار و مبرد الكلينكر . أما من الناحية الديناميكية نتيجة وجود نسبة بين الكتلة الموجودة في الكرة الكلينكرية و الكرة السماوية ، يمكن فرض تناظر بالقوي بين الكرات هذه .

يبحث هذا النموذج مفهوم التشابه في اللحظات التي عقبت الإنفجار العظيم ، أي حين كانت المواد المشكلة للأجرام السماوية عبارة عن غبار منصهر و تصلب شيئاً فشيئاً .

من الصعب أجراء تجربة على الكون كله ، لكن أعطى نموذج الفرن الدوار أمكانية هذه التجربة من خلال التشابه بين هذين النموذجين و الوصول الى متغيرات تربط هذين النموذجين ببعضهما و كيفية تأثر كل من هذه المتغيرات على المواد داخل الفرن الدوار و المواد المشكلة للأجرام السماوية .

المتغيرات في الدالة : $f(\frac{l}{D},\frac{m\omega}{\mu D},\tau\omega,\frac{\theta k\omega^2}{D^2\mu},\alpha)$

$\frac{l}{D}$ تعتبر هذه النسبة اللا بُعدية من النسب المهمة في محاسبات الفرن الدوار ، و كونياً تبين هذه الرابطة وجود مسافة قطعتها المواد ، و عدم خلو الفضاء من الأبعاد الهندسية .

$\frac{m\omega}{\mu D}$ وجود الكتلة في هذا العدد اللا بُعدي يقابله لزوجة المواد ، و هذا التقابل يبين فعل و إنفعال المواد فيما بينها و هو دليل على إختلاف الطبقات الصخرية في طبقات الأجرام السماوية ، عدم وجود الزوجة فيما بين المواد يتنافى مع مفهوم تماسك المادة سواء في الكلينكر أو في مواد الأجرام السماوية .

$\tau\omega$ يبين هذا العدد اللا بُعدي مفهوم الزمن في كلا النموذجين

$\frac{\theta k\omega^2}{D^2\mu}$ وجود الموصليه الحراريه في هذا العدد اللا بُعدي و الذي يقابله درجة الحرارة دليل على ثرموديناميكية الفضاء ، فكما أن الفضاء داخل الفرن الدوار علاوة على أنه فضاء ديناميكي و هندسي فهو كذلك فضاء ثرموديناميكي ، و كذلك الفضاء أثناء الإنفجار العظيم و بعده و الى الآن هو ثرموديناميكي .

α إنحدار الفرن الدوار عن الأفق هو بمعنى تأثير الجاذبيه الأرضيه على المواد داخل الفرن . يسوقنا تأثير الجاذبية هذا الى وجود حقل جاذبية سواء في المكان أو الزمكان أثر على المواد و شكلها في النموذج الكوني .

تعتبر الدالة : $d = D \times f(\frac{l}{D}, \frac{m\omega}{\mu D}, \tau\omega, \frac{\theta k \omega^2}{D^2 \mu}, \alpha)$ بمثابة قانون يمكن من خلاله تعين قطر كل كرة من الكلينكر خارجة من الفرن الدوار ، و للوصول الى هذه الدالة يجب أجراء عدة تجارب و قياسات على أنواع الأفران و المواد و الشرائط الفيزائية للوصول الى هذه الدالة ، ربما تكون دالة خطية أو غير خطية ، و هذا ما ستقرره التجارب المتعددة. عند الوصول الى هذه الدالة ، بعدها يجب تعين الكميات التي أثرت في تشكيل الأجرام السماوية و وجه التشابه و التناظر بين الكميات الكونية و الكميات داخل الفرن و النسب التي تربط كل منها بالأخرى .

إذا فرضنا العدد اللا بُعدي للنموذج الأصلي (هنا الكون) $\pi_{prototype}$ و العدد اللا بُعدي للنموذج المصغر (هنا الفرن الدوار) π_{model} للحصول على تشابه كامل بين هذين النموذجين يجب :

$$\pi_{prototype} = \pi_{model}$$

نستعين بمثال الصفحة 50 لتحقيق التشابه بين هذين النموذجين[1] :

- طول الفرن : 75 متر
- قطر الفرن : 5 متر
- إنحدار الفرن : 2 درجة (2.5%)
- دوران الفرن : 1.5 دورة في الدقيقة

زمن حركة المواد داخل الفرن $t = \frac{11.2 \times 75}{2 \times 5 \times 1.5} = 56$ دقيقة

1- هذا المثال فرضي و لا يخضع للتجربة ، و المقادير و المعطيات فرضية لكن لا تبتعد كثيرا عن القيم الواقعيه ، و الهدف منه فقط لشرح الروابط .

قطر الفرن 5 متر لوفرضا ضخامت الطابوق العازل و الطبقة الكلينكرية المتشكلة على الطابوق 0.8 متر يصبح قطر الفرن 4.2 متر

$$\frac{L}{D})_{\mathrm{mod}el} = \frac{L}{D})_{prototype}$$

$$\frac{L}{D})_{\mathrm{mod}el} = \frac{75}{4.2} = 17.85$$

$$\frac{L}{D})_{prototype} = 17.85$$

يمثل هذا العدد نسبة المسير الذي سارت فيه المواد الى قطر ذلك المسير و هذا لا يعني أن نضع قطر الكون الفعلي لأننا لا نعلم المسير الذي سارت فيه المواد التي شكلت الأجرام السماوية بعد الإنفجار العظيم ، و كذلك الكون في تمدد و إنبساط .

الزمن الكوني و زمن مسير حركة المواد في الفرن

$$\tau\omega)_{\mathrm{mod}el} = \tau\omega)_{prototype}$$

$$\tau\omega)_{\mathrm{mod}el} = 56 \times 1.5 = 86$$

نسبة دوران الكون الى زمن حركة كمية من المواد المشكلة لكتلة الأجرام السماوية لهذا النموذج هو :

$$\tau\omega)_{prototype} = 86$$

بما أن إنحدار الفرن 2.5% من جدول الصفحة 48 نحصل على نسبة إمتلاء الفرن 13% و بما أن قطر الفرن 5 متر لوفرضا ضخامت الطابوق العازل و الطبقة الكلينكرية المتشكلة على الطابوق 0.8 متر يصبح قطر الفرن 4.2 متر إذن الحجم النظري للفرن :

$$V_{theory} = \pi L \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \times 75 \times \left(\frac{4.2}{2}\right)^2 = 1039 m^3$$

$$V = 13\% \times 1039 = 135 m^3$$

الكثافة المتوسطة للكلينكر و المواد داخل الفرن حدود[1]

$$\rho = 1500 \frac{kg}{m^3}$$

$$M = \rho V = 1500 \times 135 = 202500 kg$$

كتلة المواد داخل الفرن حدود 200 طن

لزوجة المواد داخل الفرن لهذه التركيبات (CaO, FeO, SiO, Fe_2O_3) لدرجة حرارة 1500 الى 1700 درجة سانتيغراد حدود[2] :

$$\mu = 0.004 Pa.Sec = 0.004 \frac{kg}{m.s}$$

إذن :

$$\left(\frac{m\omega}{\mu D}\right)_{model} = \frac{(2\times10^5)\times(1.5\times60)}{0.004\times4.2} = 1071\times10^6 \approx 10^9$$

$$\left(\frac{m\omega}{\mu D}\right)_{prototype} = 10^9$$

1- http://www.simetric.co.uk/si_materials.htm
2- http://www.springerlink.com/content/u97150755p027632

بما أن المواد داخل الفرن من حيث التركيب أقرب للتراب و الموصليه الحراريه للتراب[1] حدود $k=1.5\frac{W}{m.K}$ إذا فرضنا درجة حرارة الفرن 1400 درجة سانتيغراد إذن :

$$1400^{\circ}C=1673.15 \text{ Kelvin}$$

$$\frac{\theta k\omega^2}{D^2\mu})_{\text{model}}=\frac{\theta k\omega^2}{D^2\mu})_{prototype}$$

$$\frac{\theta k\omega^2}{D^2\mu})_{\text{model}}=\frac{1673.15\times1.5\times(1.5)^2}{(4.2)^2\times0.004}=80029.5$$

$$\frac{\theta k\omega^2}{D^2\mu})_{prototype}=80029.5$$

إنحدار الفرن 2 درجه أي :

$$\alpha)_{\text{model}}=\alpha)_{prototype}$$

$$\alpha)_{\text{model}}=2^{\circ}$$

$$\alpha)_{prototype}=2^{\circ}$$

العدد اللا بُعدي الأخير هو نسبة قطر الكلينكر الخارج من الفرن الى قطر الفرن ، قطر الكلينكر الخارج من الفرن متغير و هو من ذرة من الغبار الى كتلة قطرها أحياناً أكبر من 5 سانتيمتر و نفرض قطر الكلينكر الخارج من الفرن بين 0.5 ملي متر الى 50 ملي متر إذن :

$$\frac{d}{D})_{\text{model}}=\frac{d}{D})_{prototype}$$

1- http://www.springerlink.com/content/u97150755p027632

$$0.5 < d < 50 \Rightarrow \frac{0.5}{4200} < \frac{d}{D})_{\mathrm{mod}el} < \frac{50}{4200}$$

$$0.000119 < \frac{d}{D})_{\mathrm{mod}el} < 0.0119$$

$$0.000119 < \frac{d}{D})_{prototype} < 0.0119$$

يبين هذا العدد علة إختلاف أقطار الأجرام السماوية في الفضاء .

إذا توفرت لدينا بعض المعطيات الأوليه للكون يمكن تعين بعض الكميات المجهولة الأخرى من خلال هذه الأعداد اللا بُعدية . و كما قلت هذا النموذج فرضي و لا يعطي نتائج واقعية ، و الهدف منه فقط لتوجيه نظرية الإنفجار العظيم و تشبيهها بحركة المواد داخل الفرن الدوار . ينطبق هذا النموذج على الكون في الفترة الزمنية التي أعقبت الإنفجار العظيم حيث لم يأخذ الكون إنبساطه الذي وصل إليه اليوم ، و حتى كمية المادة الموجودة اليوم لا تتماشى مع هذا النموذج فالمادة الموجودة اليوم على شكل أجرام سماوية إجتازت منطقة الشي ، و كذلك هناك أجرام هي في حالة زوبعة من الغبار و هناك أجرام هي الآن في حالة إنصهار . لا يمكن إخضاع الكون كله للتجربة و هذا النموذج هو خطوة نموذجية في المجال التجريبي للكون .

مسرد لبعض أهم أصطلاحات صناعة الإسمنت

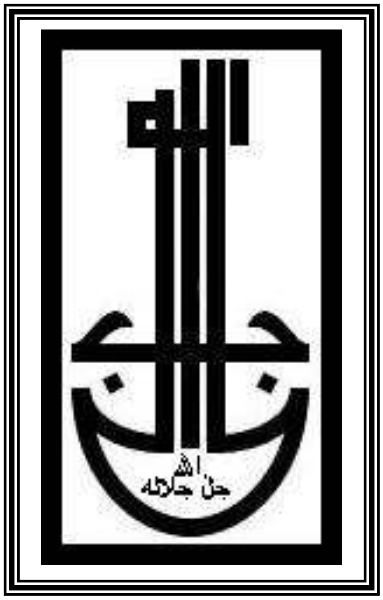
إنجليزي – عربي

إنجليزى	عربى
Acid	حامض
Al2o3	ألومنيا
Bag filter	مرشح كيسي
Ball	كرة
Ball mill	مطحنة
Basic	قاعدي
Bearing	محمل
Belt	مطاط
Belt conveyor	سيور مطاطي
Blain	مرتبطة بالنعومة
Blower	نافخه
Boiler	مرجل
Bucket convyer	سيور سطلي
Bucket Elevator	رافع سطلي
Calciner	يحرق – تكليس
Cao	أوكسيد الكالسيوم
Cement mill	مطحنة الإسمنت
Cement silo	صومعة الإسمنت
Chain convyer	سيور زنجيري
Chamber	حجرة
Charge	شحنة أو حشوة

Chimney stack	مدخنه
Clay	طفل
clinker	الكلينكر
Clinker crusher	كسارة الكلينكر
clinker silo	صومعة الكلينكر
clinker transport	إنتقال الكلينكر
Clogging	تخثر أو إنسداد
Comperssor	ضاغطة
Conveyer	سيور
Cooler	مبرد الكيلنكر
Crusher	الكساره
Crusher Rolls	رولات التكسير – كساره روليه
Cyclone	سيكلون – زوبعه أو فرازات دواميه
Dedusting	جمع الغبار
Degree of fill	درجة الأمتلاء
Deposit	مستودع
Drive system (gear well)	عجلة المحركة
Duct	أنبوب أو مجرى
Electrostatic precipitator	مرسب كهرباء ساكنة
Fan	مروحه
Fe2o3	أوكسيد الحديد
Feeder	ملقم
Fineness	نعومه
Flame	لهب
Fuel system	منظومة الوقود

Gaw crusher	كساره فكيه
Gearbox	تروس
Great Cooler	مبرد الكلينكر المُشبك
Gypsum	جبس أو جصّ
Hammer Crusher	كساره مطرقيه
Hood	غطاء مؤخرة الفرن
Hopper	قمع
Kiln base	قاعدة الفرن
Kiln roller	رولة الفرن
Kiln tyre	إطار أو محامل الفرن
Lime	كلس أو جير
Lubrication	تزيت أو تدهين
Main Burner	موقد
Mgo	ماغنيسيا
Molden great	مبرد الكلينكر
Ovality	بيضوي
Packing	تعبئة
Pre heater	مسخن بدئي
Preblending	مستودع تجانس أو أختلاط المواد
Primery heating	تسخين بدئي
Process	عمليه
Production line	خط التوليد
Quarry	مقلع الحجارة
Raw material transport	إنتقال المواد الخام
Raw mill	مطحنة المواد الخام

Reclaimer	مكشطه
Roller	رولر - أسطوانه أو بكرة
Roller bearing	محمل أسطواني
Roller mill	مطحنة عموديه
Rotary kiln	فرن دوار
Rotary kiln brick	طابوق (مقاومه للحرارة) الفرن الدوار
Sampling	عينة أو أخذ العينات
Screw Conveyor	سيور حلزوني
Segment system	منظومة القطع الدائرية في مقدمة و مؤخرة الفرن
Separator	الفارزة
Silica	سيليكا
Sio2	سيليكا
slag	خبث أو خبث البراكين
Slope	إنحدار
So3	ثالث أوكسيد الكبريت
soil	تراب
Stacker	ذراع تكديس
Stockpile	مخزون إحتياطي
Sulphur	كبريت
Thrust	دفع
Troubled	إنحباس أو إنحسار – إختناق
Wear	تآكل ميكانيكي نتيجة الأحتكاك



موقع جلال الحاج عبد

www.jalalalhajabed.com

البريد الألكتروني :

jalal.alhajabed@hotmail.com

jalal.alhajabed@yahoo.com