أنتاج الإسمنت
الطريقة الجافة

الاصدار الأول
سنة ٢٠١٤

www.yourbook.info

تاليف و اعداد

المهندس : علي عبد الحكيم محمود بلاوالي

رقم الايداع في دار الكتب و الوثائق العراقية (٢٣١٣) لسنة ٢٠١٤

إهداء (Dedication)

الى كل اعزائي الذين شاء الله أن اشاركهم حياتي الشخصية والى كل أصدقائي و زملائي وخاصة في مجال صناعة الأسمنت أهدي كتابي هذا عله يضيف لبنة من لبنات المعرفة العلمية و الفنية لتطوير هذه الصناعة الرائدة .

مع شكري الخاص لوالدي لأعانته لي في التقويم اللغوي للكتاب

www.yourbook.info

(تحذير) هذا الكتاب لا يمكن اعادة انتاج كل او جزء منه باسترجاع المعلومات الكترونيا و بأي طريقة اخرى ، كذلك لا يمكن ترجمته الى اي لغة اخرى غير العربية . للقيام بكل ذلك يجب الحصول على موافقة خطية من المؤلف حصرا

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة (Preface):-

لا شك أن صناعة الإسمنت هي عصب الصناعات التي لا يمكن الاستغناء عنها في كل مجلات التقدم الحضاري و العمراني و الصناعي للبشرية فالإسمنت أصبح المادة الأساسية للبناء في القرن العشرين و لأهمية الموضوع ارتأيت أن اساهم مساهمة متواضعة في كتابي هذا عن كيفية صناعة الاسمنت و بعض الملاحظات التشغيلية و المعادلات المهمة التي يحتاجها المهندس للعمليات الإنتاجية و لتعميم الفائدة استخدمت اللغة العربية في الكتاب بشكل رئيسي مع استخدام المصطلحات الإنكليزية و مرادفاتها العربية لتلك المصطلحات . و كمدخل لموضوع الكتاب لابد الإشارة الى تاريخ موجز لصناعة السمنت.

www.yourbook.info

فهرس (Index)

الصفحة

الفصل الاول : صناعة السمنت (Cement industry)

١ : صناعة السمنت (Cement industry) ١١

١:١ تاريخ صناعة السمنت (Cement industry History) ١١

١:٢ مقدمة عن انتاج السمنت بالطريقة الجافة

.....(Preface About Cement Production with Dry Process) ١٢

الفصل الثاني : المقلع (Quarry)

٢ : المقلع (Quarry) ١٥

٢: ١ المقلع والمعدات المستخدمة فيها

(The Quarry And Equipment) ١٥

٢: ٢ المسافة بين المقلع والمعمل

.. (The Distance Between The Quarry And Factory) ١٥

٢: ٣ خزن المواد الاولية قبل السحق

..... (Storage Of Raw Materials Before Crushing) ١٦

الفصل الثالث : الكسارة (Crusher)

٣: الكسارة (crusher) ١٨

٣:١ نظرة عامة على الكسارة (overview) ١٨

٣:٢ انواع الكسارات (Types of Crushers) ١٩

٣:٣ نسبة التخفيض (reduction ratio)..... ١٩

الفصل الرابع : نواقل المواد الصلبة (Solid Material conveyors)

٤: نواقل المواد الصلبة (Solid Material conveyors)..... ٢٢

٤:١ نقل المواد الصلبة الناعمة بالهواء

.....(Pneumatic Conveying for fine solid material) ٢٢

٤:٢ نقل المواد بالمصعد الدلو (Bucket Elevator) ٢٥

٤: ٣ الاحزمة الناقلة (Belt Conveyor) ٢٦

www.yourbook.info

٤:٤ الناقل اللولبي (Screw Conveyor) ٢٧
٤:٥ الناقل ذات السلاسل بالسحب (Drag Chain conveyor) ٢٧
٤:٦ الناقل ذات الدلو العميق (Deep Bucket Conveyor) ٢٨
٤:٧ الناقل الحوضي او المقلاة (Pan Conveyor) ٢٨
٤:٨ المغذيات المئزرة (Apron Feeder)..... ٢٩
٤:٩ المغذيات الوزنية (Weight feeders) ٣٠
الفصل الخامس : كيمياء صناعة السمنت (Chemistry of cement Production)
٥: كيمياء صناعة السمنت (Chemistry of cement Production) ٣٤
٥:١ المعلومات الكيمياوية للمواد الاولية
(Chemical Information For Raw Material) ٣٤
٥:٢ معادن الكلنكر الرئيسية (Clinker Minerals Main). ٣٩
٥:٣ معاملات الكلنكر (Clinker Modules) ٤٠
٥:٤ معادلات بووك (Bogue) لحساب معادن الكلنكر الرئيسية
(Clinker Minerals Main)..... ٤٢
الفصل السادس : خزن المواد (Material To store)
٦: خزن المواد (Material To store) ٤٤
٦:١ المقدمة (Brief) ٤٤
٦:٢ انواع الخزن داخل العملية الانتاجية
(storages types inside the production process) ٤٥
الفصل السابع : المعدات المساعدة (Auxiliary Equipment)
٧ : المعدات المساعدة (Auxiliary Equipment) ٥٠
٧:١ المراوح (Fans) ٥٠
٧:٢ مجمع الغبار (Dust Collector) ٥٣
٧:٣ الفرازة (separator) أو المصنف (classifier) ٥٩
٤:٧ برج التبريد أو التكيف (Cooling Or Conditioning Tower) ٦٧

www.yourbook.info

٥:٧ دوارة غلق (Rotary lock) ٦٨

الفصل الثامن : الطواحين في صناعة السمنت (Mills in Cement Industry)

٨: الطواحين في صناعة السمنت (Mills in Cement Industry) ٧٠

١:٨ طاحونة الكرات (Ball Mill) ٧١

٢:٨ الطاحونة العامودية (Vertical Mill) ٧٧

٣:٨ الاسطوانة الضاغطة (Roller Press) ٨٢

٤:٨ طاحونة هورو (Horo Mill) ٨٣

الفصل التاسع : تحضير وجبة المواد الاولية (Raw Meal Preparation)

٩ : تحضير وجبة المواد الاولية (Raw Meal Preparation) ٨٦

الفصل العاشر : الفرن (Kiln)

١٠: الفرن (Kiln) ٩١

١:١٠ انواع الافران (Kiln Types) ٩٢

٢:١٠ تغذية الفرن (Kiln Feeding) ٩٥

٣:١٠ تفاعلات الكلنكر (Clinker Reactions) ٩٨

٤:١٠ المسخن الأولي (Pre – Heater) ١٠٣

٥:١٠ المكلسنة أو المكلسنة الاولية (Calciner or Pre-Calciner) ١٠٨

١٠ : ٦ الفرن الدوار (Rotary Kiln) ١١١

٧:١٠ قلنسوة الفرن الدوار (Rotary Kiln Hood) ١٢٢

٨:١٠ موقد الفرن الدوار (Rotary Kiln Burner)

أو الموقد الرئيسي (Main Burner)..... ١٢٣

٩:١٠ الوقود المستخدم في الفرن (Fuel Used in Kiln) . ١٢٤

١٠:١٠ مبرد الكلنكر (Clinker Cooler) ١٢٩

١٢:١٠ الحسابات المهمة في الفرن الدوار (Rotary Kiln) ١٣٧

١٣:١٠ معلومات عن تشغيل الفرن

(Information About Kiln Operation) ١٤٢

www.yourbook.info

١٠:١٤ بد تشغيل الفرن الدوار : الاحماء
(Kiln Start up Rotary : Warm Up) ١٤٥
١٠:١٥ فرن السرير المميع (Fluidized Bed Kiln) ١٤٧
الفصل الحادي عشر : السمنت (Cement)
١١: السمنت (Cement) ١٤٩
١١:١ قوة السمنت (Cement Strength) ١٥١
١١:٢ المتبقي الغير قابل للذوبان (Insoluble residue) ١٥٢
١١:٣ أنواع السمنت (Cement Types) ١٥٢
١١:٤ مساعدات الطحن (Grinding Aid) ١٥٤
الفصل الثاني عشر : التلوث البيئي في انتاج السمنت وطرق تقليلها
١٢ : التلوث البيئي في انتاج السمنت وطرق تقليلها:-
Environmental Pollution in Cement Production and the two reduces:- ١٥٦
الفصل الثالث عشر : التعبئة (Packing)
١٣: التعبئة (Packing) ١٦٢
الفصل الرابع عشر : الموادالحرارية (refractories Material)
١٤: الموادالحرارية (refractories Material) ١٦٦
الفصل الخامس عشر : إضافة الماء الى السمنت العادي (Hydration of Portland Cement)
١٥: إضافة الماء الى السمنت العادي (Hydration of Portland Cement) ١٧٤
الفصل السادس عشر : بعض المعلومات المتفرقة (Some Outspread InFormation)
١٦: بعض المعلومات المتفرقة (Some Outspread InFormation) ١٧٧
١٦:١ كمية الحرارة المستهلكة لأنتاج الكلنكر
(Heat Quantity To Product the Clinker) ١٧٧
١٦:٢ كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة
(Power Consumption) ١٧٧
١٦:٣ تكلفة انتاج السمنت

www.yourbook.info

مراجع (References) ١٧٩
مصطلاحات (Terminology) ١٨٠

www.yourbook.info

الفصل الثامن :

الطواحين في صناعة السمنت

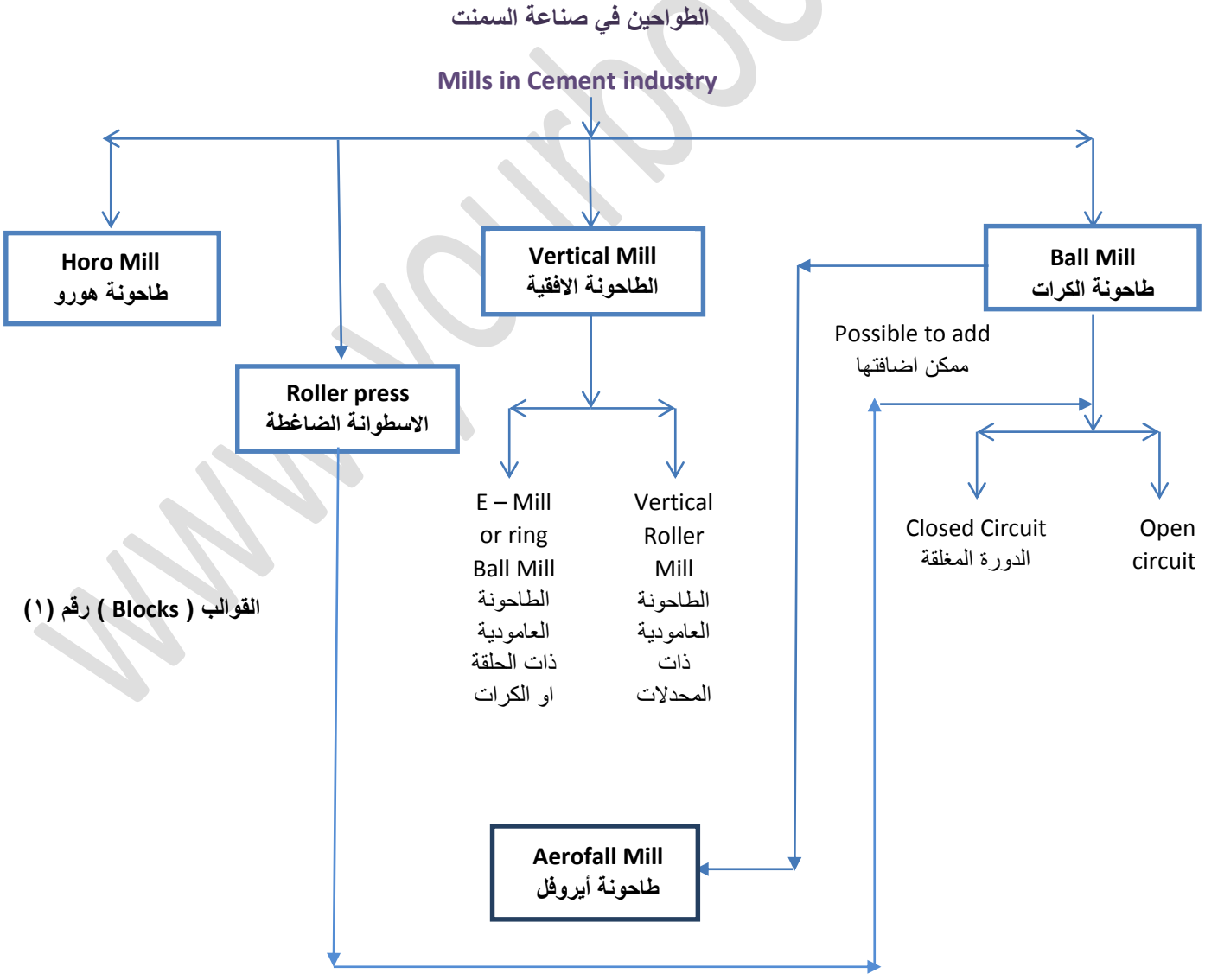
Mills in Cement Industry

www.yourbook.info

٨: الطواحين في صناعة السمنت (Mills in Cement Industry) :-

هناك الحاجة الى عملية الطحن في مراحل صناعة السمنت سوآء لطحن وجبة المواد الاولية (Raw Meal) تحضيرا لتغذية الفرن (Kiln Feeding) بها او لطحن الفحم (Coal) اذا كانت تستخدم كوقود (Fuel) في الفرن (Kiln) او لطحن الكلنكر مع المضافات (Clinker with the additives) لإنتاج السمنت (Cement) حيث ان عملية الطحن تستهلك حوالي ٦٠ % من الطاقة الكهربائية (Electiric Power) .

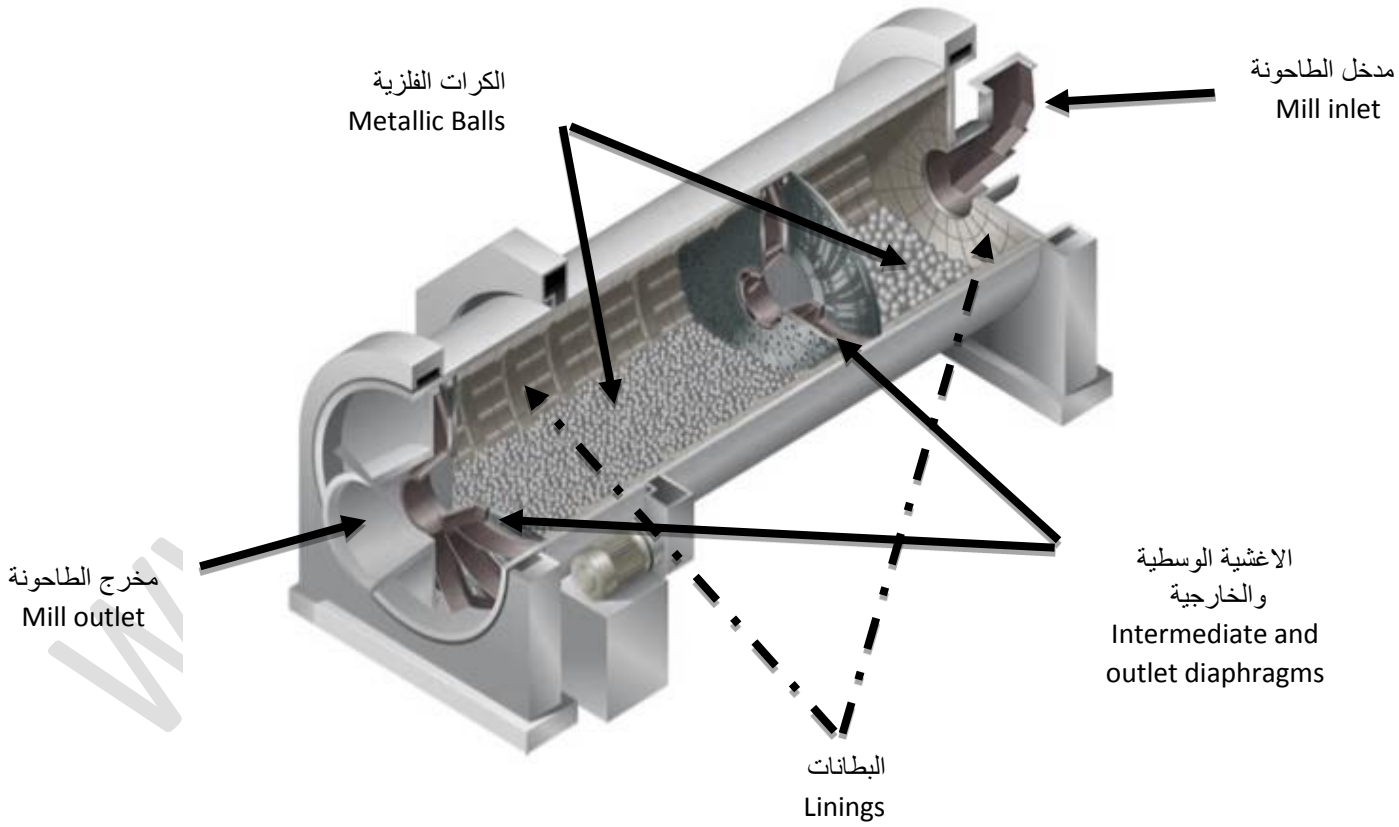
هناك العديد من انواع الطواحين (Cements) تستخدم في معامل السمنت منها الطواحين ذات الكرات (Balls Mills) و التي تكون بصورة افقية (Horizontal) و لها تفرعاتها ، و الطواحين العامودية (Vertical Mill) و لها انواعها . و الاسطوانة الضاغطة (Roller Press) و التي تستخدم كمساعد للطحن في تقليل ابعاد المواد الداخلة الى الطاحونة للمساعدة في الطحن او تستخدم كطاحونة منفصلةوفي الوقت الحديث تستخدم نوع من الطواحين تدعى طاحونة هورو (Horo Mill) و التي هي مزيج من الاسطوانة الضاغطة (Roler Press) و الطاحونة ذات الكرات (Ball Mill) . وكما موضح في القوالب (Blocks) رقم (١) :



www.yourbook.info

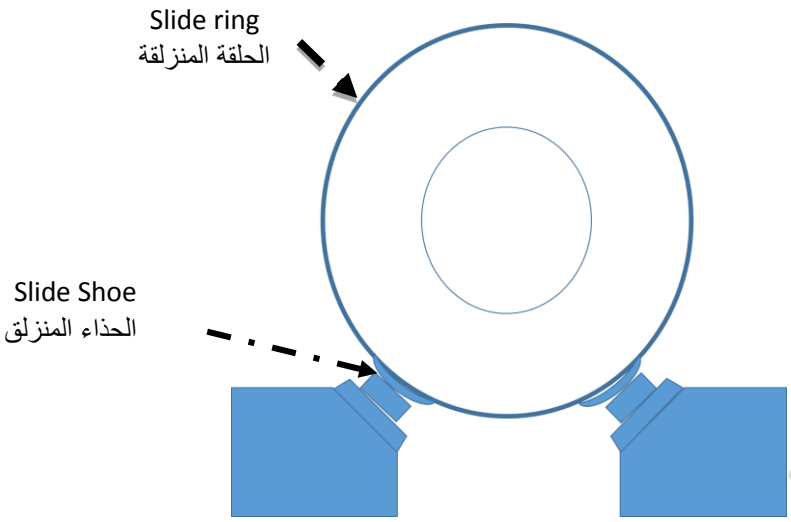
٨:١طاحونة الكرات (Ball Mill):-

من اشهر انواع الطواحين (Mills) المستخدمة في مجال صناعة السمنت (Cement) و هي عبارة عن اسطوانة أفقية تحتوي على حلقتين توضع على جهتي الطاحونة و تسمى الحلقة المنزلقة (Slide ring) والتي تنزلق على مساند الاحذية المنزلقة (Slide shoes Bearings) لتسهيل حركتها اثناء عمل الطاحونة (Mill) وتقليل الاحتكاك ، حيث يتم تحريكها بأستخدام محرك كهربائي. تبطن الاسطوانة بالبطانات (Linings) من الداخل لحماية القشرة الخارجية للطاحونة و لتهييج الكرات الفلزية (Metallic Balls) للقيام بعملية الطحن . تحتوي الأسطوانة على غرف (Chambers) مفردة او مزدوجة او ثلاثية حسب الحاجة و التصميم و تفصل هذه الغرف الاغشية (diaphragms) لتنظيم عمل الطاحونة وعدم اختلاط الاحجام المختلفة للكرات الفلزية حيث تملئ الاحجام الكبيرة من الكرات الفلزية (Metallic Balls) في الغرفة (Chamber) التي تقع باتجاه مدخل المواد (Mill inlet) لغرض تكسير القطع الكبير للمواد الى اصغر و الكرات الفلزية الاصغر في الغرفة (Chamber) للجهة التي تخرج منها المواد (Mill Outlet) و التي تتم بها طحن المواد المصغرة لتكون أنعم و كما موضح في الصورة رقم (١) ادناه:-



الصورة رقم (١)

في الشكل رقم (١) أدناه مقطع عرضي للطاحونة توضح فيها الحلقة المنزلقة (Slide ring) و مساند الاحذية المنزلقة (Slide shoes Bearings) :-



الشكل رقم (١)

تستخدم طاحونة الكرات (Ball Mill) لطحن المواد في مختلف المراحل سوآءا المواد الاولية (Raw Material) او الكلنكر (Clinker) . ان نسبة طول الطاحونة الى قطرها تختلف من طاحونة الى اخربوحسب الاستخدام و لطحن الكلنكر (Clinker) مع مضافاتها (Additive) لإنتاج السمنت (Cement) تكون نسبة طول الطاحونة على قطرها بين ٣,٥ الى ٤,٥ للدورة المفتوحة (open circuit) و من ٢,٥ الى ٣,٥ للدورة المغلقة (closed circuit) . ان الدورة المفتوحة (open circuit) استخدمت قديما و كان ادخال المواد من مدخل الطاحونة (Mill inlet) و تخرج من مخرج الطاحونة (Mill outlet) و ان السيطرة على جودة الناتج النعومة (Fineness) كانت تتم بتقليل التغذية و هذه الطواحين قليلة الانتاجية و تكون عدد الغرف (Chamber) اكثر و اما في الدورة المغلقة (closed circuit) تم اضافة الفرازة أو المصنف (separator or classifier) لفصل الخارج من الطاحونة الى ناعم (Fine) و خشن (Coarse) حيث ان الناعم يخرج كناتج و الخشن يتم ارجاعها الى الطاحونة مع المواد الداخلة لطحنها مرة اخرة .

لغرض فصل الغرف (Chamber) تستخدم حاليا الاغشية الثنائية المسيطرة على الجريان (Double diaphragm with Flow Control) لتنظيم سرعة حركة المواد في الغرفة الاولى (First Chamber) بعدم الهبوط المفاجئ للمواد عند نهاية الغرفة الاولى (First Chamber) بالقرب من الغشاء (diaphragm) لتحسين نعومة المواد الخارجة من الطاحونة وزيادة بالإنتاج و تنظيم جريان المواد المراد طحنها داخل الطاحونة .

تتحرك المواد المطحونة داخل الطاحونة من المدخل (inlet) الى المخرج (Outlet) حيث بدخول المواد الى الطاحونة تبدا عملية طحنها الى ان تخرج على شكل مسحوق (Powder) و بسحب بالهواء سوآءا بواسطة مروحة التهوية (Ventilation Fan) ان وجدت او من المروحة الرئيسية للمنظومة (Main System Fan) تتحرك المواد داخل الطاحونة . و لاستقرار الطاحونة تتم تغذيتها بأستمرار ، و اي خلل في هذه العملية يؤدي الى حدوث اختناق (Suffocation) في الطاحونة كما هي الحال عند الزيادة المفرطة في نسبة الرطوبة في المواد الداخلة او حدوث مشكلة في الغشاء (diaphragm) واسباب اخرى .

www.yourbook.info

السرعة الحرجة (Critical Speed) :-

سرعة الطاحونة ثابتة و تعتمد على السرعة الحرجة (Critical Speed) و تقاس بالمعادلة التالية:-

$$n=76.6/\sqrt{D}$$

D : قطر الطاحونة الداخلي الفعال

السرعة الحرجة غير مفيدة لعملية الطحن حيث السرعة الحقيقية تكون حوالي من ٦٠% الى٩٠ % من السرعة الحرجة (Critical Speed) و تقاس بالمعادلة التالية :-

$$n=32/\sqrt{D}$$

D : قطر الطاحونة الداخلي الفعال

في السرعة الحرجة (Critical Speed) تكون القوة الطاردة المركزية متعادلة مع قوة الجذب الارضي لكون السرعة عالية وعندها لا تسقط الكرات الفلزية بصورة صحيحة و لا تتم عملية الطحن. حيث يتم تدوير الطاحونة لتهييج الكرات (Ball) الفلزية بعد اصطدامها ببطانة الطاحونة للقيام بعملية الطحن .

ان اختيار البطانة الصحيحة يلعب دورا مهما وذلك لكون سرعة الطاحونة و احجام الكرات(Ball) الفلزية المقسمة بين غرف (Chambers) الطاحونة ثابتة ولذلك فان التأكل الحاصل في اجزاء الطاحونة الداخلية تلعب دورا في تحديد كفاءة الطحن و يجب ان تسجل مقدار التأكل بشكل دوري و كذلك قياس كمية الكرات (Balls) وتوزيعها و حسب المقادير المطلوبة .

تكون حركة الكرات (Ball) الغرفة الاولى (First Chamber) للطاحونة اكثرا هيجانا من الغرفة الثانية (Second Chamber) لان في الغرفة الاولى (First Chamber) يتم كسر المواد الخشنة الى احجام اصغر ،وفي الغرفة الثانية (Second Chamber) تكون حركة الكرات (Ball) اقل هيجانا لتنعيم المواد القادمة من الغرفة الاولى (First Chamber) . و تستخدم بطانة مصنفة (Classifying Lining) لتنظيم توزيع الكرات فيها بحيث تقوم هذا النوع من البطانات (Linings) بدفع الكرات (Balls) الصغيرة باتجاه الغشاء الخارجي (Outlet diaphragm) والكرات الكبيرة باتجاه الغشاء الوسطي (Intermediate diaphragm) حيث بدخول المواد الى الغرفة الثانية (Second Chamber) من الغرفة الاولى (First Chamber) يتم الطحن بالتدريج وصولا الى مخرج المواد من الطاحونة من الغشاء الخارجي (Outlet diaphragm) .

وسائل الطحن (Grinding Media):-

تمثل الكرات الفلزية (Metallic Balls) مايقارب ٢٥ % الى ٣٥ % من الحجم المتاح داخل الطاحونة و تسمى هذه النسبة المئوية بوسائل الطحن (Grinding Media) و النسبة المعمول بها بشكل عام تتراوح بين ٢٨ % الى ٣٢ % حيث اذا انخفضت من ٢٨ % تقل انتاجية الطاحونة واستهلاكها

www.yourbook.info

للطاقة الى حد ما ، و اذا زادت الكمية اكثر من ٣٢ % تزداد انتاجية الطاحونة على حساب زيادة استهلاك الطاقة . يمكن حساب النسبة المئوية الحجمية للكرات الفلزية داخل الطاحونة بالمعادلة التالية :-

$$V_L\ \% = \left(\frac{100}{\pi r^2}\right) * \left[\left(\pi r^2 \left(\theta/_{360}\right)\right) - \left(h\sqrt{r^2 + h^2}\right)\right]$$

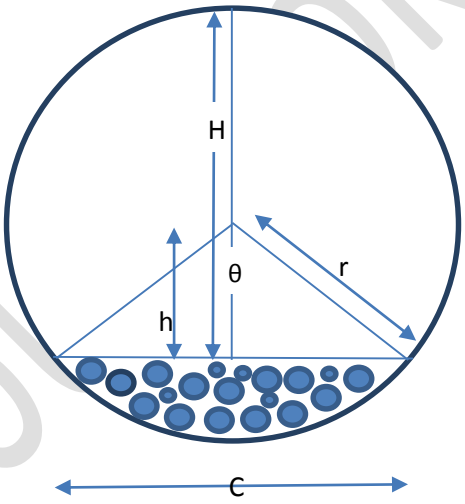
حيث ان

r = القطر الداخلي الفعال للطاحونة بالأمتار

H = الارتفاع الحر داخل الطاحونة بالأمتار

C = عرض السطح بالنسبة لشحنة الكرات = $2\sqrt{r^2 + h^2}$

θ = الزاوية المقابلة لشحنة الكرات مع مركز الطاحونة = h/r = cos1/2θ



* الارتفاع الحر H و القطر الداخلي للطاحونة D بتوفرهما يمكن ايجاد النسبة الحجمية للكرات داخل الطاحونة .

يمكن حساب مقدار الطاقة المستهلكة في الطاحونة ذات الكرات (Ball Mill) تقريبيا (approximate power consumption) من المعادلة التالية :-

الطاقة المستهلكة Kwt = 7.5 * G * Di (power consumption)

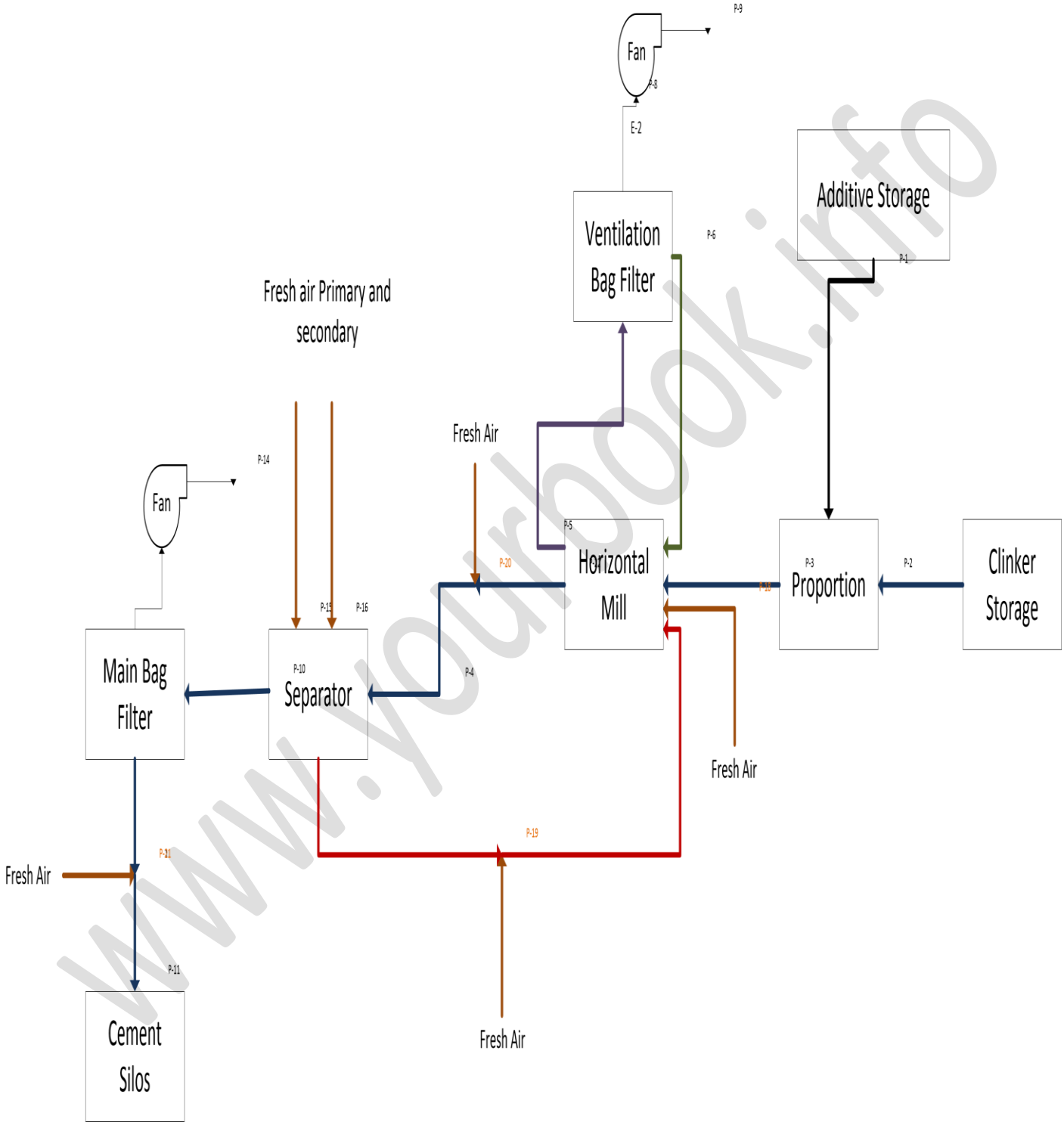
وسائل الطحن بالاطنان G = (Grinding Media with ton)

القطر الداخلي الفعال بالأمتار Di = (effective mill with meter)

www.youbook.info

Ball Mill Typical Block Diagram Cement

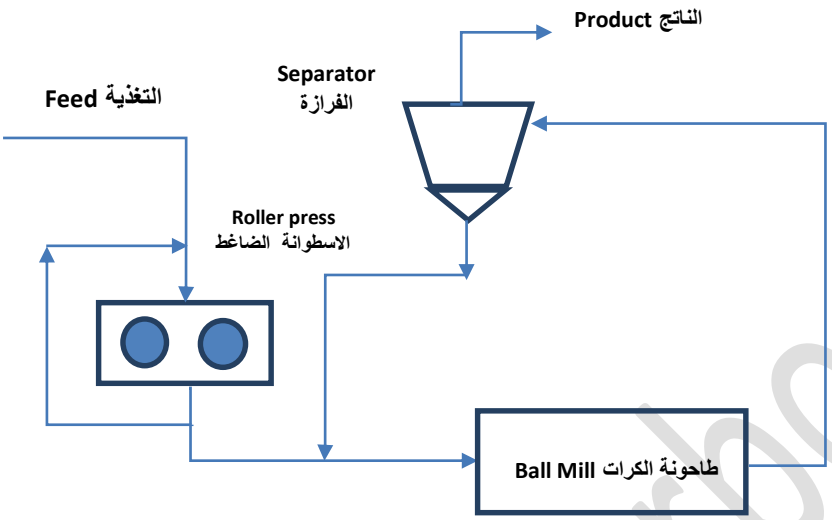
مخطط القوالب التقليدي سمنت ذات الكرات



www.yourbook.info

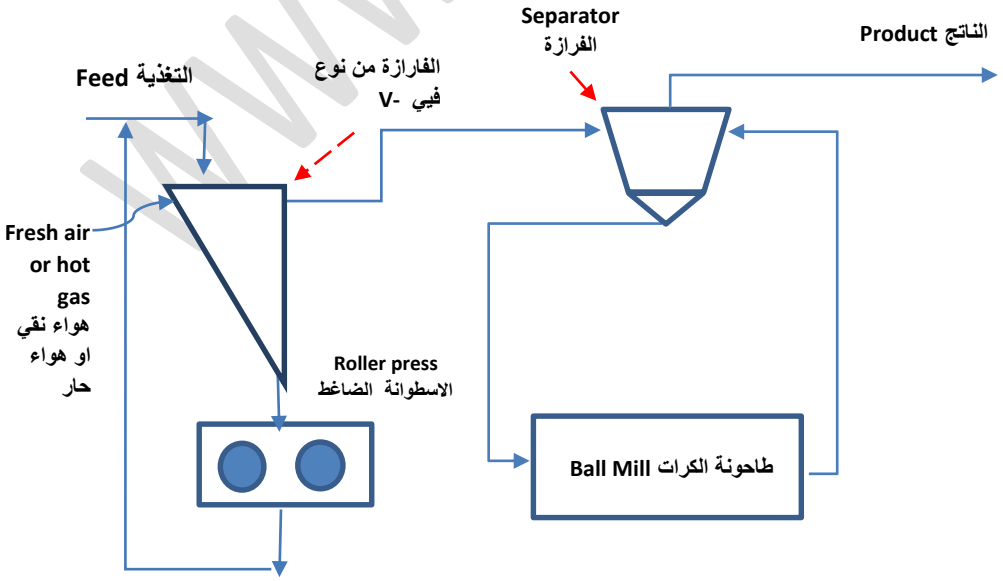
تطوير الطواحين (Mill Devlopment) :-

لكون الطواحين ذات الكرات هي احدى اكثر المستهلكات للطاقة في معامل السمنت لذا تم تحوير مراحل العمليات للطاحونة لرفع كفاءتها واحدى هذه الطرق هي بإضافة الاسطوانة الضاغطة (Roller press) للطحن الأولي (Pre-Grinding) . حيث يتم تغيير ترتيب احجام الكرات داخل الطاحونة بتبديل الكبير بالصغير و تغيير الغشاء (diaphragms) وتقليل عدد الغرف (Chamber) حيث يمكن رفع كفاءة الطاحونة من ناحية صرفها للطاقة في حدود ٤ % الى ٩%. وكما موضح في المخطط رقم (١) ادناه:-



المخطط رقم (١)

وفي بعض التغيرات الاخرى و بإضافة الفرازة من نوع فيي (V- separator) تتم رفع كفاءة الطحن الى ٣٥ % بالمقارنة مع وضعها السابق وكما موضح في المخطط رقم (٢) ادناه :-



المخطط رقم (٢)

www.yourbook.info

نظرة عامة (OverView) :-

في المعامل القديمة كانت تستخدم طاحونة الكرات (Ball Mill) لتحضير وجبة المواد الاولية (Raw mill) لتغذية الفرن (Kiln Feeding) و لكن لاستهلاكها الكثير من الطاقة (Power) اكثر من الطواحين العامودية (Vertical Mill) و لكون الرطوبة العالية القادمة مع المواد قبل الطحن تم تبديلها بالطواحين العمودية (Vertical Mill) و لكن بقت الطاحونة تستخدم بشكل واسع في طحن الكلنكر (Clinker) مع مضافاتها (Additive) لإنتاج السمنت (Cement) ذي نعومة ممتازة . والأن تحاول الشركات المصنعة للطواحين العمودية (Vertical Mill) الدخول في مجال طحن الكلنكر (Clinker) مع مضافاتهاAdditive ( ) لإنتاج السمنت (Cement) و ذلك بإيجاد حلول عملية لتوظيفها لهذا الغرض . توجد نوع من الطواحين ذات الكرات تسمى بطاحونة ايروفل (Aerofall Mill) و تسمى ايضا بالأوتو جنزسس (Autogenous) و التي تكون ذات قطر كبير وطول قصير حيث ان نسبة القطر على الطول حوالي من ١:٣ الى ١:٥ ، و تتراوح حجم الكرات من ١٠٠ الى ١٣٠ مم ، و تمثل الكرات (Ball) ما يقارب ٦ % الى ١٢ % من الحجم المتاح داخل الطاحونة و تعمل بسرعة ٧٥ % من السرعة الحرجة وقد تصل الى ٨٤ % من السرعة الحرجة و تستخدم بشكل واسع في مجال صناعة المعادن و تأشيبها (Metallurgical) وهي قليلة الاستخدام في صناعة السمنت (Cement) ، علما يمكن استخدامها في طحن الموادالاولية (Raw material) و لكنها قليلة الاستخدام لوجود طواحين احسن لهذا الغرض ، مثل الطواحين العامودية (Vertical Mill) .

٢:٨ الطاحونة العامودية (Vertical Mill) :-

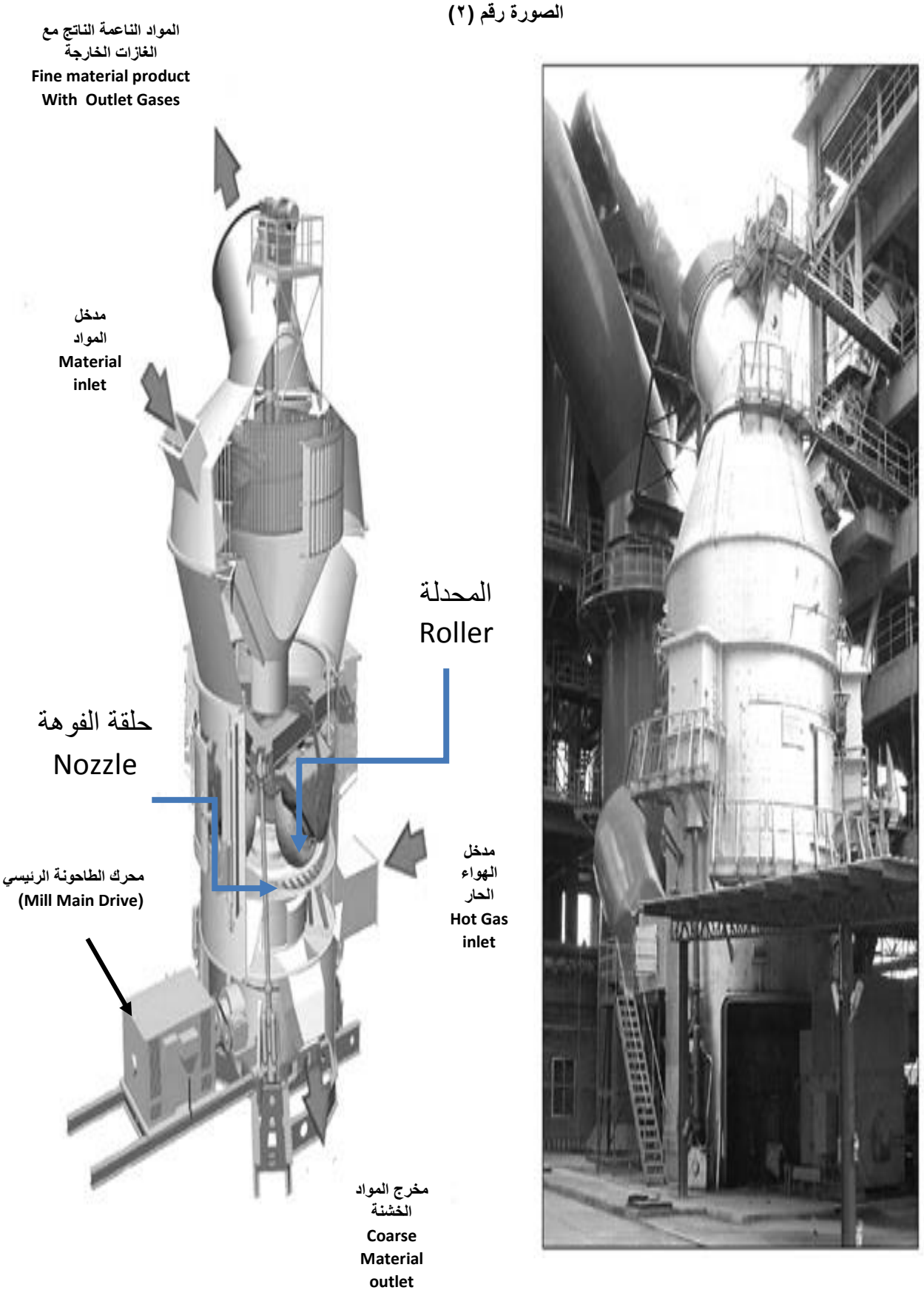
تستخدم الطواحين العامودية (Vertical Mill) بكثرة حاليا في معامل السمنت الحديثة و بالأخص في تحضير وجبة المواد الاولية (Raw Meal) و تنقسم الى نوعين الاولى (E – Mill or ring Ball Mill) الطاحونة العامودية ذات الحلقة او الكرات والتي صنعت عالميا لطحن الفحم (Coal) في محطات توليد الطاقة (Power Station) و الثانية (Vertical Roller Mill) الطاحونة العامودية ذات المدحلة حيث ان النوع الثاني هي التي تهمنا اكثر في صناعة السمنت .

ان الطاحونة ذات المدحلة (Vertical Roller Mill) تستهلك طاقة اقل من طاحونة الكرات (Ball Mill) بمقدار٤٠% الى ٥٠ % و تتوفر بسعات كبيرة تصل الى ١٢٠٠ طن في الساعة للطاحونة الواحدة و يمكن طحن المواد ذات الرطوبة العالية حتى ٨ % و طحن مواد بأحجام اكبر من طاحونة الكرات (Ball Mill) ، حيث ان اكبر قطرللمواد الداخلة الى الطاحونة يمكن ان تصل الى ٧٥ مم او ١٠٠ مم اي يمكن تغذيتها بحجارة ذات احجام اكبر و بالتالي فان كسارات الحجارة تكون اقل مما هي مطلوبة منها عندما تستخدم (Vertical Roller Mill) الطاحونة العامودية ذات المدحلة.

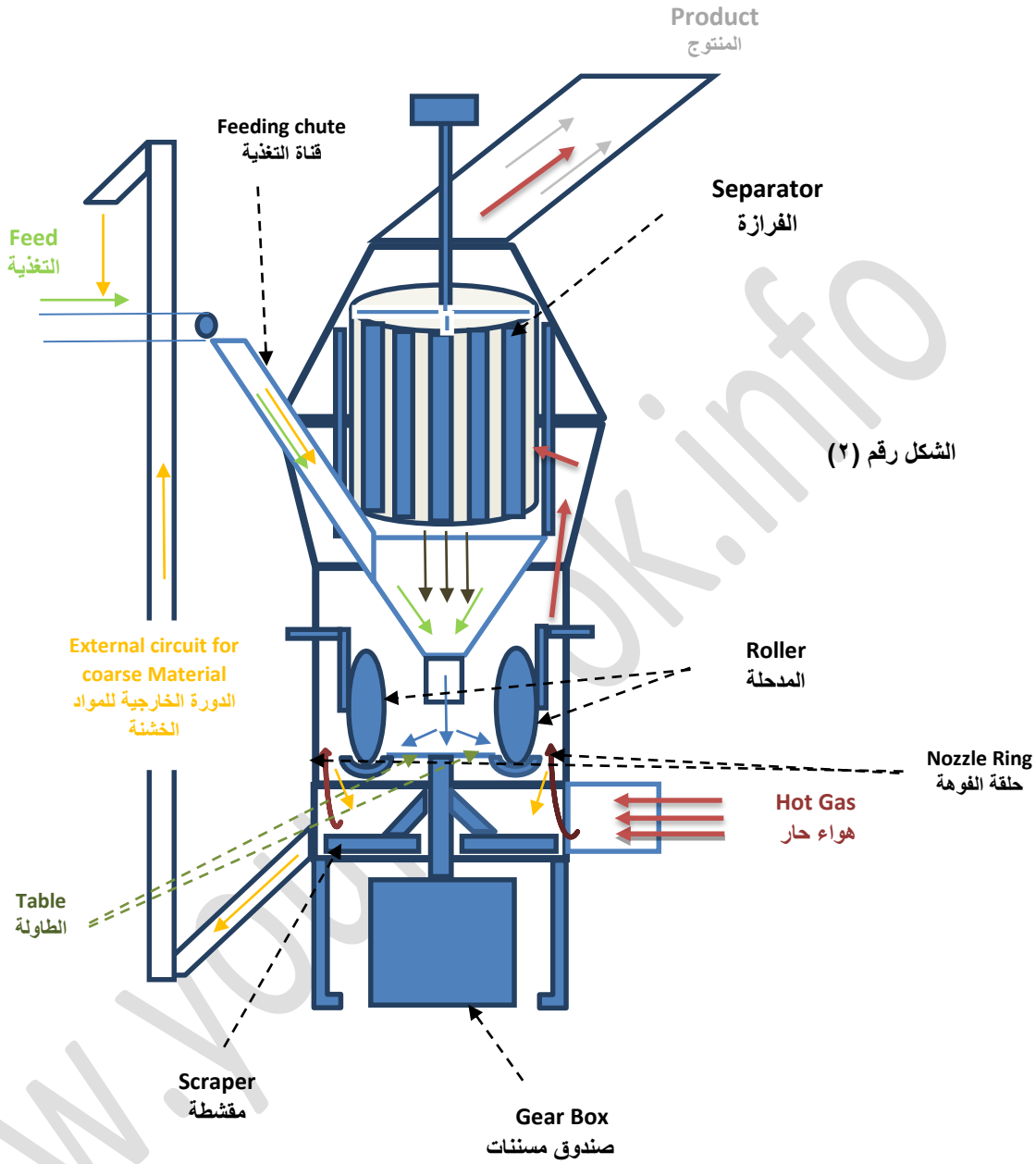
www.yourbook.info

في الصورة رقم (٢) ادناه توضيح لبعض اجراء الطاحونة العامودية ذات المدحلة (Vertical Roller Mill) :-

الصورة رقم (٢)



في الشكل رقم (٢) ادناه مقطع عرضي لطاحونة عمودية (Vertical Mill) :-



الشكل رقم (٢)

*** تسمى حلقة الفوهة (Nozzle Ring) أيضا بحلقة التهوية (Louver Ring) في بعض المصادر .**

تحتوي الطواحين العامودية على محدلتين (Tow Roller) أو ثلاث أو اربع أو ست حسب التصميم ، في بعض الأحيان يمكن الاستغناء عن رولة (مدحلة) أو رولاتين (محدلتين) متقابلتين في بعض الانواع لأجراء الصيانة أو في حالة كون التغذية قليلة في بعض أنواع الطواحين . و تكون الفرازة (Separator) مدمجة مع الطاحونة مما يختصر عدد الاجزاء و تأخذ حيزا اقل في الانشاء و تقلل من هبوط الضغط (Pressure Drop) . يستخدم سحب الهواء من داخل الطاحونة لرفع المواد الناعمة وتمريرها للفرازة (Separator) و يستخدم محرك متغير السرع لتغير سرعة الفرازة (Separator) للسيطرة على نعومة الناتج . سرعة الهواء العالية في حلقة الفوهة (Nozzle Ring) وزيادة حمل تدوير المواد عالي داخل الطاحونة يسبب هبوط للضغط (Pressure Drop) و بالتالي ارتفاع استهلاك الطاقة

في مروحة الطاحونة (Mill Fan) و للتقليل من هذه السيئة تمت اضافة الدورة الخارجية للمواد الخشنة (External Circuit for coarse Material) لتقليل هبوط الضغط (Pressure Drop) .

مبدا عمل الطاحونة العامودية ذات المدحلة (Vertical Roller Mill):-

تتم تغذية الطاحونة من قناة التغذية (Feeding Chute) والتي تكون اما دوارة غلق (Rotary lock) في حال كون رطوبة المواد قليلة او ثلاثي الأبواب (Triple Gate) في حالة وجود رطوبة عالية و ذلك لعزل منظومة الطاحونة من التأثيرات الخارجية كالحمل الهوائي الغير مرغوب (False Air) . تدخل المواد داخل الطاحونة وتقع على مركز الطاولة (Table) و نتيجة لدوران الطاولة (Table) تتحرك المواد بقوة الطرد المركزي (Centrifugal Force) باتجاه المحدلات (Rollers) و تنحصر بين المدحلة (Roller) و الطاولة (Table) و نتيجة القوة الهيدروليكية (Hydraulic power) التي تسيطر على المحدلات (Rollers) تحدث عملية الطحن .

يتم رفع المواد المطحونة بقوة الهواء التي تولدها مروحة الطاحونة (Raw mill Fan) لتمريرها الى الفؤازة(Separator) حيث يتم فصل المواد الناعمة المطلوبة كناتج وارجاع المواد الاكبر حجما الى مركز الطاولة (Table) لإعادة الطحن . و اما المواد الخشنة (Coarse) و التي لا يمكن رفعها بقوة الهواء تنزلق من حلقة الفوهة (Nozzle Ring) و تدفعها المقشطة (Scraper) الى منظومة الدورة الخارجية للمواد الخشنة (External circuit for coarse Material) لتتم اعادة تغذيتها مع المواد الداخلة الى الطاحونة ، يتم سحب المواد الناعمة الناتج من قبل مروحة الطاحونة (Raw mill Fan) لترسيبها وتستخدم لهذا الغرض السايكلون (Cyclone) و المرشحة (Filter) و بعدها تنقل الى الخزن في الصوامع (Silos) . تستخدم مروحة الطاحونة (Raw mill Fan) ايضا في السيطرة على كمية الغازات داخل الطاحونة و ذلك بأرجاع جزء من الهواء او الغازات التي تسحبها من الطاحونة الى الطاحونة مرة اخرى و حسب متطلبات التشغيل .

من الجدير بالذكر ان الحرارة المتولدة في الطاحونة العمودية ذات المحدلات (Vertical Roller Mill) اقل من طاحونة الكرات (Ball Mill) لاختلاف مبدا العمل حيث نحتاج الى مصدر حراري عند استخدام الطاحونة العمودية ذات المحدلات (Vertical Roller Mill) لإنتاج السمنت (Cement) من طحن الكلنكر(Clinker) مع مضافاتها (Additive) و ذلك حسب متطلبات جودة السمنت (Cement) .

يكون الاهتزاز (Vibration) في الطاحونة العامودية ذات المحدلات (Vertical Roller Mill) اعلى من طاحونة الكرات (Ball Mill) لاختلاف مبدأ العمل ، و يزداد الاهتزاز (Vibration) عندما تكون رطوبة المواد قليلة و لذلك يرش الماء على المواد داخل الطاحونة لتقليل الاهتزاز (Vibration) في حالة قلة رطوبة المواد الداخلة الى الطاحونة .

توجد تصاميم تستخدم حجمين و بقطرين مختلفين من المحدلات (Roller) واحدة صغيرة و الثانية كبيرة لطحن المواد بمرحلتين كما هي الحال الى حد ما في طاحونة الكرات (Ball Mill) التي تحتوي على غرفتين (Tow Chamber) و التي تم توضيحها في فقرة طاحونة الكرات . و تستخدم حاليا محركات

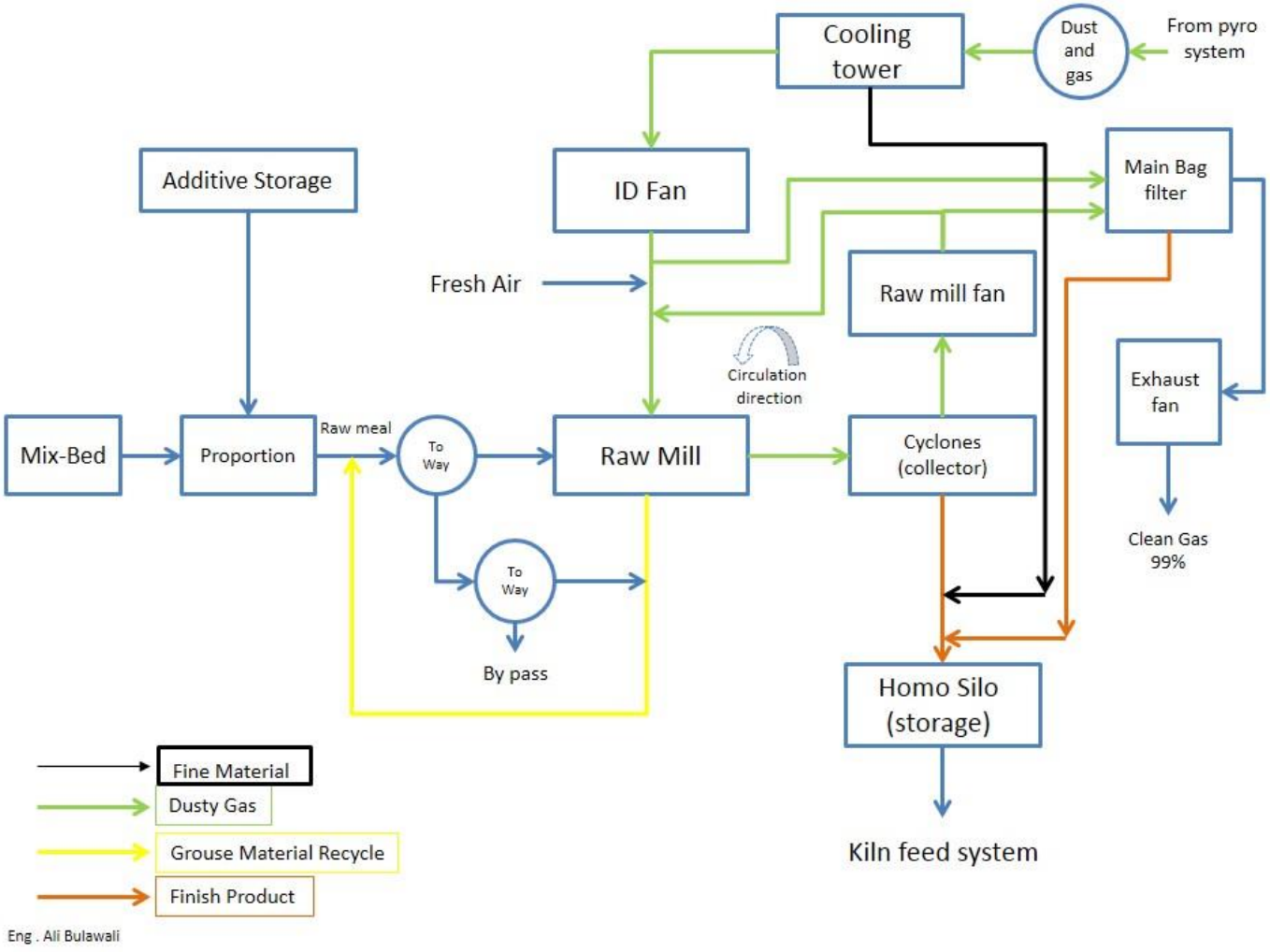
www.yourbook.info

متعددة لتدوير صندوق مسننات (Gear Box) او المخفض (Reducer) للسيطرة على سرعة الطاولة (Table) للطاحونة للتحكم في مدة بقاء المواد عليها .

عند تقليل تغذية الطاحونة بالمواد (Raw Mill Feed) في الطاحونة العامودية ذات المحدلات (Vertical Roller Mill) يقل استهلاك الطاقة الى حد ما حيث يقل الحمل على محرك الطاحونة الرئيسي (Main Drive Mill) وهذا الامر لا يمكن تطبيقها في طاحونة الكرات (Ball Mill) لاختلاف مبدا العمل حيث لا يمكن التحكم في الكرات (Ball) الفلزية داخل الطاحونة أو سرعة الطاحونة مع التغذية ، على عكس الطاحونة العامودية ذات المحدلات (Vertical Roller Mill) التي يمكن التحكم بقوة الطحن عن طريق السيطرة على المحدلات هيدروليكيا (Hydraulically) و بالتالي تقليل الحمل على محرك الطاحونة الرئيسي (Mill Main Drive) والذي يعتبر من مستهلكات الطاقة في الطاحونة . و كذلك يقل الحمل على مروحة الطاحونة (Mill Fan) نتيجة التغذية القليلة و التي تعتبر اكبر مستهلك للطاقة.

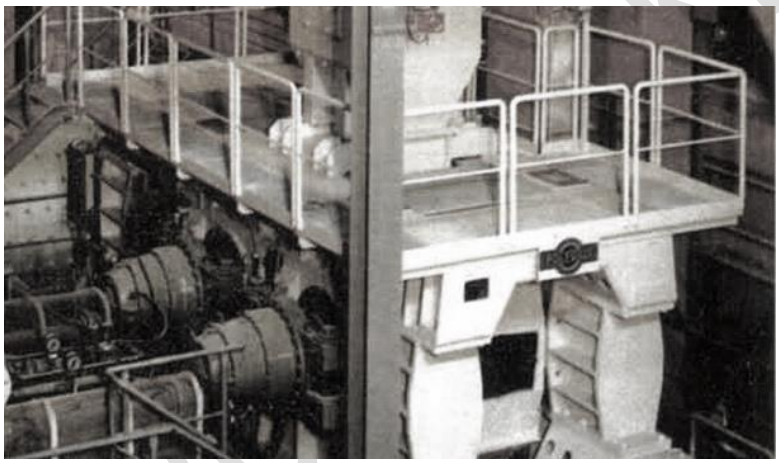
Typical Block Diagram for Vertical Roller Mill (Raw Mill)

مخطط القوالب التقليدي لطاحونة عامودية ذات المحدلات



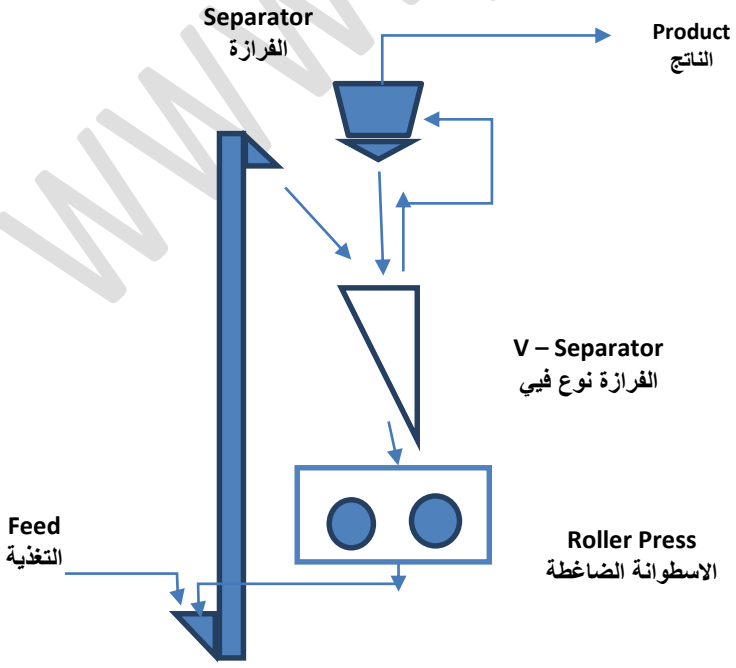
٣:٨ الاسطوانة الضاغطة (Roller Press) :-

هي عبارة عن اسطوانتين متجاورتين افقيا ، احدها دوارة بمحرك و الثانية خاملة و تكون احدى الاسطوانات ثابتة المحور والاخرى متحركة و مسيطرة عليها هيدروليكيا (hydraulically) المسافة بين الاسطوانتين هي التي تحدد جودة الناتج مع الاخذ بنظر الاهتمام سرعة التآكل للأجزاء الفعالة للطحن لكون احد عيوب هذه المعدة حاجتها للصيانة المستمرة و المتابعة للحفاظ على كفاءة الطحن توجد العديد من التصاميم لها تختلف حسب طريقة السيطرة على الاسطوانتين ، تستخدم اما كطواحين اولية (Pre Grinding) لطواحين ذات الكرات (Ball Mill) (كما تم توضيحها في قسم طاحونة الكرات (Ball Mill) او تستخدم لوحدها كطاحونة و تتميز باستهلاكها القليل للطاقة و تشبه الطواحين العامودية ذات المدحلة (Vertical Roller Mill) من هذه الناحية ، الرطوبة العالية الموجودة مع المواد التي تتم طحنها في الاسطوانة الضاغطة (Roller Press) تلعب دورا سلبيا في كفاءة الطحن . في الصورة رقم (٣) ادناه نموذج للأسطوانة الضاغطة (Roller Press) :-



الصورة رقم (٣)

في الشكل رقم (٣) الاسطوانة الضاغطة (Roller Press) منفردة في منظومة للطحن

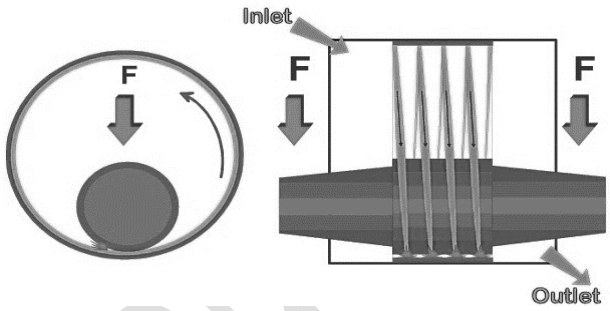


الشكل رقم (٣)

www.yo-k.info

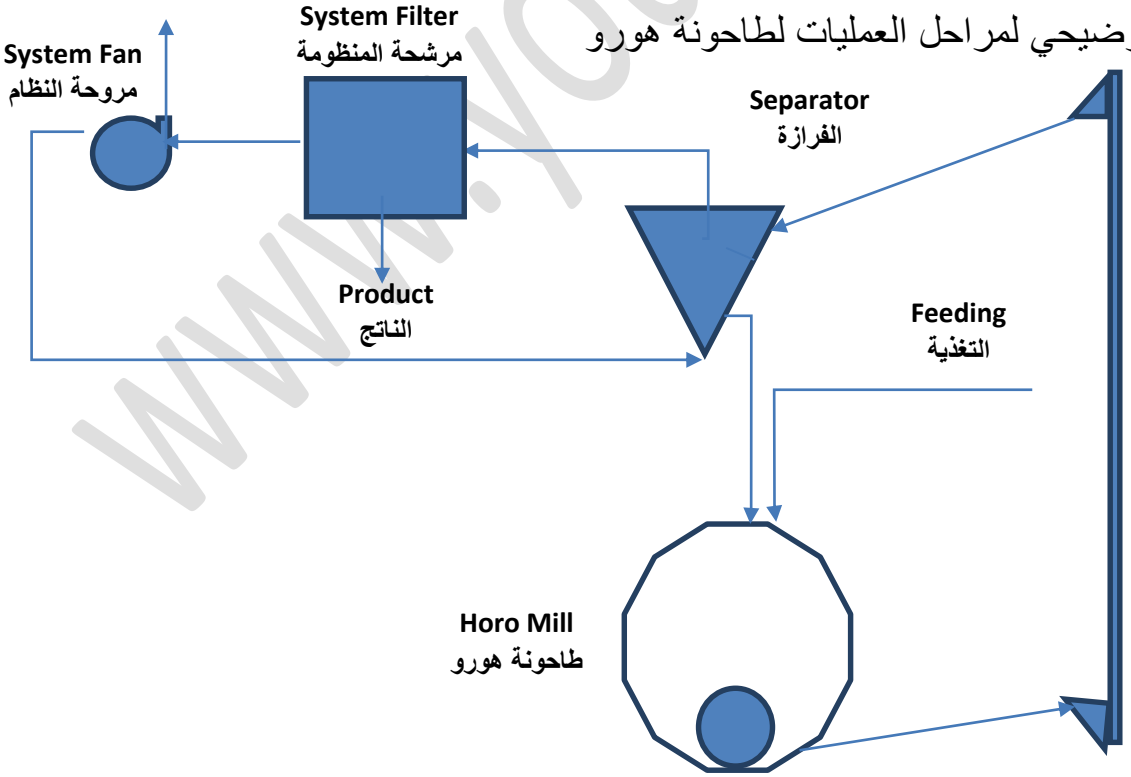
٤:٨ طاحونة هورو (Horo Mill) :-

وهي مختصر الطاحونة الافقية ذات الاسطوانة (Horizontal Roller Mill) و هي عبارة عن القشرة الخارجية اسطوانية (Cylindrical Shell) كما موجود في طاحونة الكرات (Ball Mill) ورولة (Roller) واحدة كما موجود في الاسطوانة الضاغطة (Roller Press) يتم تدوير القشرة الخارجية الاسطوانية (Cylindrical Shell) وتكون الرولة (Roller) خاملة . تم تطويرها حديثا في التسعينيات من القرن المنصرم ، استهلاكها اقل للطاقة مقارنة مع طاحونة الكرات (Ball Mill) من ٣٠% الى ٥٠ % ، و لها القابلية على تجفيف الرطوبة مع المواد حتى ٢٠ % . يعتمد مبدا الطحن على اتاحة الفرصة عدة مرات للضغط والطحن للمواد ، و كذلك هي قليل الاهتزاز ولكن تشغيلها يتاثر كثيرا لقابلية الطحن (Grindability) للمواد التي سيتم طحنها . تحتاج الى مساحة اقل من طاحونة الكرات (Ball Mill) للتنصيب و يمكن تشغيلها بضغط معتدل اقل من الاسطوانة الضاغطة و هذا يضمن اطالة مدى عمر (Lifetime) للأجزاء التي تتعرض للتأكل ، في الصورة رقم (٤) توضيح للطاحونة الافقية ذات الاسطوانة (Horizontal Roller Mill) ادناه :-



الصورة رقم (٤)

في الاسفل مخطط توضيحي لمراحل العمليات لطاحونة هورو (Horo mill)

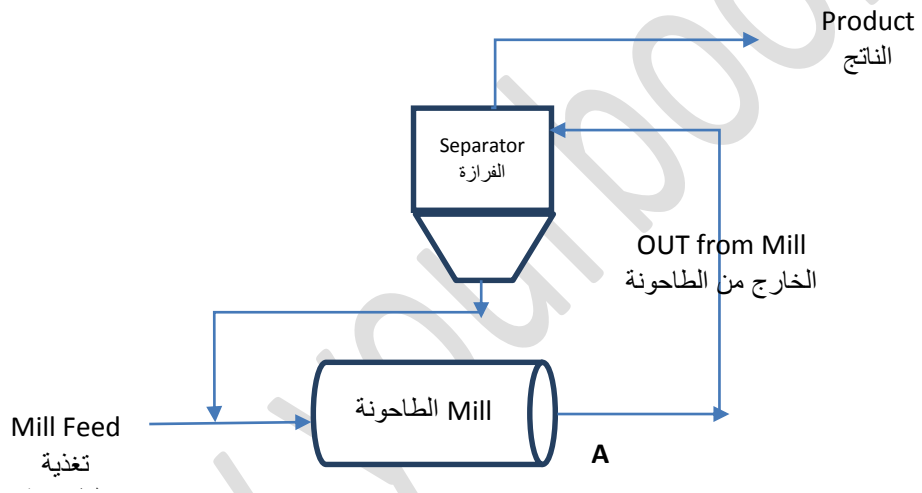


www.yourpdfinfo.com

ملاحظة (Note):- يمكن استخدام طاحونتي هورو مع فاصلة واحدة كبيرة للأختصار في عدد المعدات و تقليل المساحة و استهلاك الطاقة و التكلفة .

*** حمل الجريان (Circulating Load) :-**

هي عبارة عن كمية المواد التي تبقى في المنظومة عند استقرار تشغيل الطاحونة و تكون في حدود ٣٠٠ % الى ٤٠٠ % في طواحين السمنت (Cement) ذات الكرات (Ball) الدورة المفتوحة (Open Circuit) و من ٣٠٠ % الى ٢٠٠% في الدورة المغلقة (Close Circuit) التي تحتوي على الفرازة (Separator) القديم و من ٢٠٠% الى ١٥٠ % في طواحين السمنت (Cement Mills) ذات الفرازة (Separator) الحديث . اذا كانت تغذية الطاحونة ١٠٠ طن في الساعة وحمل الجريان ١٥٠ % تكون حمل الجريان ١٥٠ طن في الساعة اي الخارج من الطاحونة مباشرة (النقطة A) كما موضح في الشكل رقم (٤).



الشكل رقم (٤)

حمل الجريان (Circulating Load) = $\frac{\text{الطاحونة من الخارج } Out\ from\ Mill}{\text{الناتج } Product} * ١٠٠$

ملاحظة (Note):- تكون حمل الجريان في الطاحونة الافقية ذات الاسطوانة (Horizontal Roller Mill) (Horo Mill) حوالي ٥٥٠ % .

www.pdfbook.info