جامعة البعث

كلية الهندسة الكيميائية والبترولية

قسم الهندسة الغذائية

طرق تحديد كفاءة طحن القمح

مشروع تخرج

إعداد

مديحة معطي نور اسماعيل

إشراف

الدكتور المهندس فرحان أحمد الفين

عام 2013–2014

مقدمة 4
الفصل الأول: تقانة إنتاج الدقيق 6
مقدمة 6
آلة الطحن 6
العوامل المؤثرة على عملية الطحن 8
عوامل خاصة بتصميم اسطوانة الطحن 8
عوامل تشغيل الاسطوانات 11
المناخل المركبة Plansifter 16
منظفات السميد (الدقاق) Purifier 21
مراحل عملية الطحن 23
1- مراحل الكسرات Breaking System 23
2- مراحل التخافيض Sizing Section 24
3- مراحل التحاويل Reduction (Milling Section) 25
تصنيف دقيق مراحل الطحن 26
1- دقيق مراحل الكسرات 27
2- دقيق مراحل التحاويل 27
3- الدقيق من الدرجة الثانية 27
4- الدقيق منخفض الجودة 27
نسبة استخراج الدقيق 28
الفصل الثاني: التحكم في المطحنة 30
طاقة المطحنة Mill Capacity 31
الأتمتة Automation 33

الحساسات Sensors 34
ضبط جودة المواد لحظيا On-line Stock Quality Control..... 35
ضبط نسبة الاستخراج Mill Extraction Control..... 35
أنظمة الترطيب الآلية Automated Conditioning Systems..... 36
تصميم الآلة لكي تتلائم مع الأتمتة Machine Design to Accommodate Automation..... 36
التحكم في المادة الخام Raw Material..... 37
اختبار التدفقات المرحلية Testing of Intermediate Stocks..... 38
مناخل الاختبار Test Sifters 39
ضبط نسب التنعيم في المطحنة Break Release Adjustment in the Mill . 41
قراءة الميزان والحسابات Scale Readout and Calculation..... 45
جدول التوزيع The Distribution Table..... 46
منحني التحبحب Granulation Curve..... 48
الرماد في الدقيق ومنحني الرماد التراكمي Ash in the Flour Mill and Cumulative Ash Curve..... 50
المراجع..... 54

مقدمة

عملية الطحن من أقدم مراحل تحضير الغذاء وقد اهتم الإنسان بها منذ أقدم العصور وتطورت المطاحن المستخدمة مع التطور التدريجي للتكنولوجيا، فقد استخدم الإنسان البدائي الحجارة لسحق الحبوب. ومع زيادة الحاجة لطحن كميات كبيرة من الحبوب، تطورت معها طرائق الطحن، فأدخل المصريون عملية الطحن المتكررة وعملية نخل الجريش حيث أمكن الحصول على دقيق أنعم ولون أكثر نصاعة. ومن ثم أوجد الرومان الطاحونة الدوارة Rotary Mill واستخدمت الطاقة البشرية أو الحيوانية لتدويرها. تحولت عملية تشغيل الطاحونة الدوارة من الطاقة الحيوانية إلى طاقة المياه قبل 2000 عام، وفي المناطق التي لا يتواجد فيها الماء استخدمت طاقة الهواء، فقد أنشئت أول طاحونة هوائية قبل 1000 عام، وكان التطوير الوحيد خلال هذه الفترة الطويلة في طريقة تحريك الحجارة وعند ظهور الطواحين المائية والهوائية بدأ استخدام المناخل لفصل غلاف الحبة. ثم أُستبدلت بعد ذلك طاقة الماء والهواء بطاقة البخار في نهاية القرن التاسع عشر ومن ثم بالطاقة الكهربائية.

ظهرت أول مطحنة صناعية في نهاية القرن الثامن عشر عام (1785 م) وجاء أهم تطور في تصميم المطاحن عام 1870 م على يد الهنغار وذلك بتطوير آلات الطحن الاسطوانية. وفيما بعد تم تطوير مفهوم المنتجات المتدرّجة في القرن التاسع عشر. كما وضع الناقل الكيلي والناقل الحلزوني، مما حول عملية الطحن إلى عملية مستمرة. كما أُستخدِم في القرن العشرين النقل الهوائي في المطاحن، ويمكن القول إن التطورات التدريجية في القرن العشرين تضمنت طرائق نقل المواد وتطوير التجهيزات المستخدمة والتحكم الآلي وأتمتتها. وبذلك أصبحت عملية الطحن علماً تقنياً إلى جانب كونها مهارة صناعية، لذلك أصبح من الضروري تحضير الكادر الفني العملي، وقد كان ذلك من خلال بناء المعاهد المتخصصة وإجراء الأبحاث لضمان تطور هذه الصناعة.

جاء هذا العمل لتسليط الضوء على الطرائق العلمية في إدارة كفاءة الطحن وكيفية استخدام الاتمتة في ذلك والتأكيد على عدم كفاية الخبرة العملية من قبل الطحان في إدارة عملية الطحن.

الفصل الأول

تقانة إنتاج الدقيق

مقدمة

هدف طحن القمح هو فصل الاندوسبرم كجزيئات كبيرة عن القشرة والجنين ومن ثم تنعيم جزيئات الاندوسبيرم النقية إلى حبيبات دقيق ذات قطر أقل من 150 ميكرون متجنبين بنفس الوقت القطع غير المقصود للقشرة لأنه يصعب فصلها عن حبيبات الدقيق النقية الناتجة عن الاندوسبيرم مما يسيء لجودة الدقيق المنتج حيث يرفع نسبة رماد الدقيق ويصبح لونه غامقا.

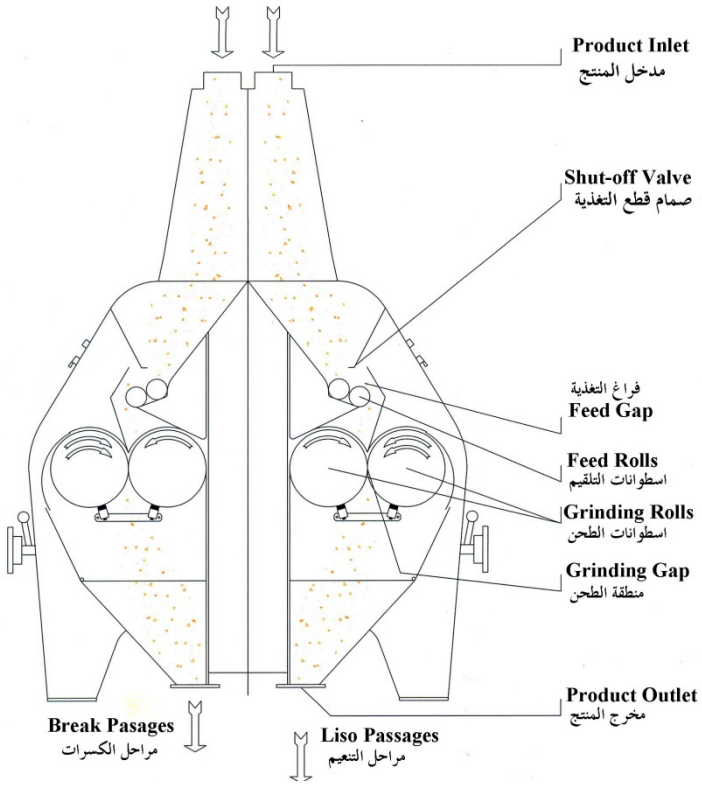
إن عملية إنتاج الدقيق علم وفن، وسبب ذلك أن حبات القمح ليست كروية تماما وحتى ضمن كمية صغيرة فالحبوب ليست متجانسة الشكل وقد تكون غير متجانسة الحجم مما يدخل إلى نظام الطحن مجموعة مختلفة من المتغيرات التي تعيق فصل حبيبات الاندوسبيرم بشكل جيد ونقي. ولحبة القمح ثلم على طول الحبة يخلق صعوبات في فصل القشرة عن الاندوسبرم. وتكون القشرة عند هذا الثلم مندمجة مع الحبة نفسها مما يعني أنه لإزالة هذا الجزء من القشرة يجب فتح الحبة وحتى هذا الوقت لا يمكن تحقيق هذا إلا بالوسائل الميكانيكية.

لفهم تقنية وآلية الطحن لا بد أولا من معرفة التجهزيات والآلات المستخدمة خلال عملية الطحن وأهمها، آلات طحن ذات الاسطوانات ومناخل فصل منتجات آلات الطحن وآلات تنظيف السميد.

آلة الطحن

هي الآلة الأساسية في المطاحن التجارية. يبين الشكل (1) مقطع عرضي لآلة الطحن. تتعرض الجزيئات لقوى قص وضغط من قبل أسنان سطح الاسطوانة والضغط المطبق من قبل الاسطوانات خلال دفع الجزيئات باتجاه منطقة الطحن Nip. شدة القوى المطبقة على الجزيئة خلال الطحن تتغير وفقاً لشروط الطحن. تؤثر كل من معدل وتجانس التدفق وسرعة الاسطوانة والسرعة النسبية والمسافة الفاصلة بين الاسطوانتين ونوع وحالة سطح الاسطوانات

وخواص الجزيئة على شدة القوى المطبقة على الحبيبة. من المهم جداً توزيع القمح الداخل بشكل متساوٍ وثابت على طول الأسطوانة.



الشكل 1: مقطع عرضي لآلة الطحن

خلال السنوات الأخيرة تم استخدام آلات الطحن ثمانية الاسطوانات ويمكن تلخيص الميزات التي توفرها آلات الطحن ثمانية الاسطوانات:

- اختزال في النواقل الهوائية.
- اختزال في عدد المحركات والطاقة اللازمة للنقل الهوائي.
- اختزال عدد الفلاتر اللازمة لتصفية هواء النقل.
- اختزال مساحة النخل بعد آلة الطحن ثمانية الاسطوانات.
- اختزال المساحة اللازمة لآلات الطحن والمناخل.

- اختزال كلفة البناء.
- زيادة استطاعة المطحنة المراد توسيعها دون الحاجة إلى بناء إضافي.
- أقل في كلفة الصيانة .

في البداية استخدمت آلات الطحن الثمانية في الكسرة الأولى والثانية ومرحلة التنعيم الأولى والثانية، ولكن تم استخدامها في جميع المراحل دون إنقاص في المردود أو جودة الدقيق المنتج، ومن أهم ميزاتها اختزال حوالي 40% من تكاليف الإنشاء والتشغيل للنقل الهوائي.

العوامل المؤثرة على عملية الطحن

تقسم العوامل المتغيرة في آلة الطحن إلى مجموعتين، المجموعة الأولى العوامل الخاصة بتصميم أسطوانة الطحن والمجموعة الثانية العوامل الخاصة بعمل أسطوانتي الطحن (الشكل 2).

عوامل خاصة بتصميم اسطوانة الطحن

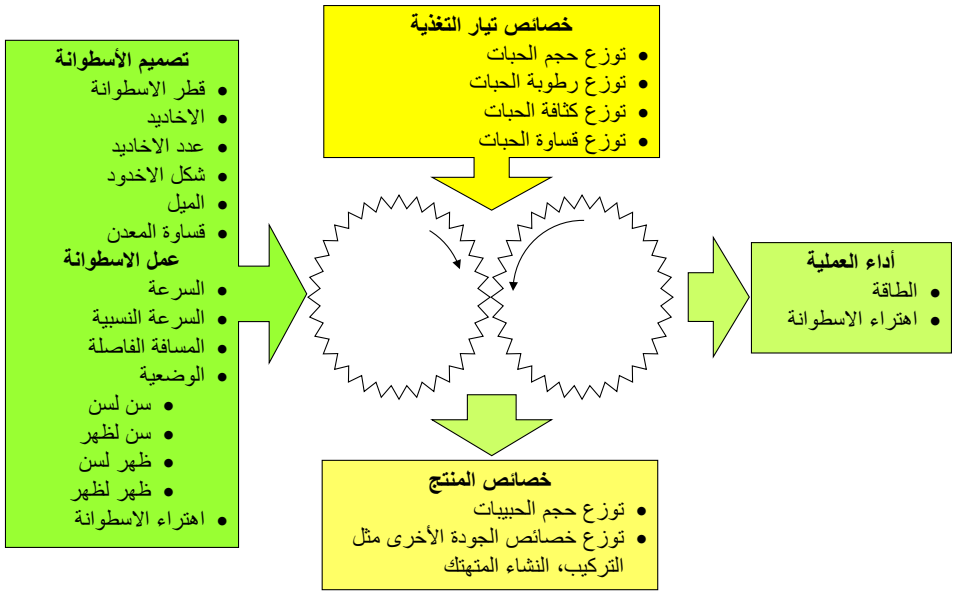
قطر الأسطوانة

يتراوح قطر الأسطوانات التجارية بين 225–300 مم (12–9 أنش). يؤثر قطر الاسطوانة على عمل الاسطوانات وذلك لتغير مساحة منطقة الطحن. تبدأ منطقة الطحن من أول نقطة تماس بين الجزيئة وسطح الاسطوانتين وهي تقاس بزاوية التماس وتنتهي عند المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين. زيادة قطر الاسطوانة يزيد من تأثير الطحن. الأقطار الكبيرة مثالية لعملية التسطيح، وهي ذات قابلية أكبر لمسك الجزيئات ودفعها نحو المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين ودفعها بعملية ضغط أكبر، في حين تفضل الأسطوانات ذات القطر الصغير في مراحل الكسرات لتقليل الانضغاط وزيادة فعل القص (الكسر).

طول الاسطوانة

يتراوح طول الاسطوانة التجارية بين 450–1500 مم (60–18 أنش)، تعتمد استطاعة الطحن على طول الاسطوانة، ويعبر عنها بكمية المادة لواحدة الطول في مرحلة محددة. على سبيل المثال في المرحلة الأولى 30–50 كغ/سم. يجب أن تكون التغذية كافية لتأمين طبقة متناسقة للفراغ بين الاسطوانتين. من الصعب تأمين طبقة متناسقة على طول الاسطوانة بمعدل تدفق أقل من الحد الأدنى. إن معدل الجريان الأكبر يزيد الحمل ويدفع نوابض

الاسطوانات مما يؤدي إلى عدم دقة المسافة الفاصلة. معظم المطاحن ذات استطاعة كافية لاستخدام اسطوانات بطول يتراوح بين 1000–1250 مم (50–40 انش). يفضل الاسطوانات ذات طول 1000 مم في قسم الطحن وذلك لصعوبة تأمين مسافة فاصلة متجانسة. تؤدي المسافة الفاصلة الكبيرة بين نقاط استناد الاسطوانة إلى انحناء الاسطوانة بتأثير الضغط.



الشكل 2: يوضح العوامل المؤثرة على عمل آلة الطحن.

عدد الأسنان

يوجد على سطح الاسطوانة أسنان طولية ذات زاوية ميل معينة مع المحور. يعبر عن عدد الأسنان في سم أو 1 إنش، ويتراوح عدد الأسنان بين 4–12 سن/سم، ويزداد عدد الأسنان مع تقدم مرحلة الكسر.

ميل السن

يعبر عن هذه الزاوية بشكل مئوي أي البعد عن المحور لكل 100 مم طولي.

$$\frac{D}{S} * 100 = \text{الميل}$$

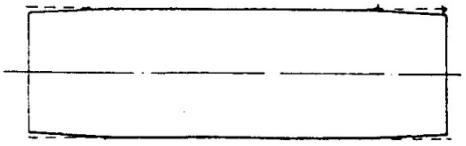
مثال ذلك من أجل 100 مم مسافة يبتعد السن 12 مم ويكون الميل 12%.

الجدول 1: عدد الأسنان في اسطوانات مراحل الكسرات المختلفة.

الكسرة	عدد الأسنان	
	سن / سم	سن / انش
الأولى	4,7	12
الثانية	5,5	14
الثالثة	7,1	18
الرابعة	11,8−10,2	30−26

كلما كان ميل الأخدود صغيراً كان الأخدود ذا تأثير قص، وكلما كبر ميل الأخدود يزداد تأثير القشط. لذلك يتراوح ميل الأخدود في اسطوانة مرحلة الكسرة الأولى 8−10% وفي أسطوانة الكسرة الأخيرة 12−16%.

كلما ازدادت سرعة الاسطوانة أو كلما كان القمح أكثر قساوة ازدادت الحرارة المتولدة. إن الحرارة المتولدة تؤدي لتمدد الاسطوانة. هذا التمدد غير متساوي حيث تتمدد نهايات الاسطوانة أكثر من المركز وهذا يؤدي لطحن غير متجانس حيث عند مركز الاسطوانة يطحن القمح بشكل غير كامل. للتغلب على ذلك فإن الاسطوانات عند صناعتها تصنع على شكل ضيق عند أطرافها كما في الشكل (3).



الشكل (3) شكل الاسطوانة

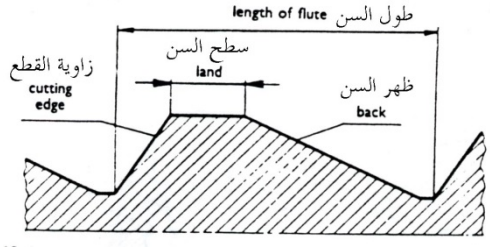
شكل السن

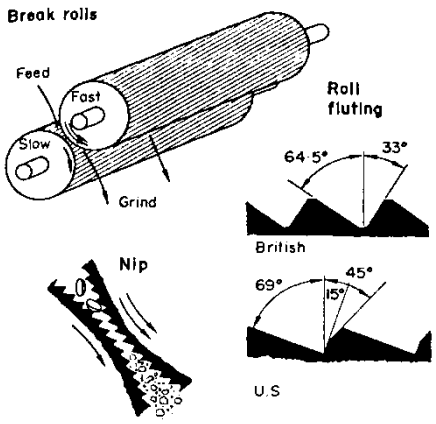
يتضمن شكل السن زاوية (α) تعبر عن ميل زاوية القطع و (β) تعبر عن ميل ظهر السن (الشكل 4).

تؤثر زاوية السن بعمق السن أي على درجة التنعيم. يرتبط عمق السن بزاوية وجه السن وظهر السن، كلما صغرت الزاوية الإجمالية للسن زاد عمقه مما يؤدي إلى زيادة مقدار السميد

الناتج. وكلما كبرت الزاوية الإجمالية للسن قل عمق السن، وهذا يزيد من كمية الدقيق الناتج. تتراوح زاوية وجه السن بين 25–45 وزاوية ظهر السن بين 50–60 درجة.

يؤدي وجود زاوية وجه وظهر للسن منخفضة (سن عميق) إلى ازدياد كمية السميد الناتج (فعل قص). وبالعكس، تؤدي زاوية وجه وظهر سن كبيرة إلى زيادة كمية الدقيق الناتج (فعل قشط).





الشكل 4: شكل السن

عوامل تشغيل الاسطوانات

سرعة الدوران

تؤثر سرعة دوران سطح الأسطوانة على الاستطاعة بسبب سماكة المادة في منطقة الطحن. وجود المزالق (رولمانات) المضادة للاحتكاك من الطبيعي أن تعمل بسرعة دوران 500 د/د وفي بعض الحالات حتى 800 د/د في بعض المطاحن الحديثة. ينتج جزيئات صغيرة غير مرغوب بها عند العمل بسرعات عالية وخاصةً في مراحل الكسرات وتزيد من استهلاك الطاقة بمربع السرعة. لذلك يفضل اقتصاديا العمل بأقل سرعة تحقق الاستطاعة، هذا يعني أن

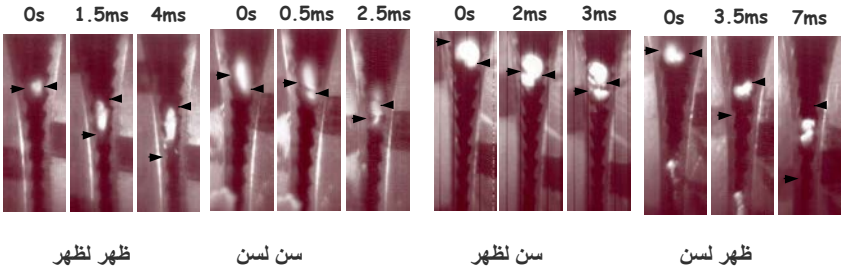
الاسطوانات ذات الحمل الأقل يجب أن تدور بسرعة أقل من سرعة الاسطوانات ذات الحمل الأكبر.

السرعة النسبية

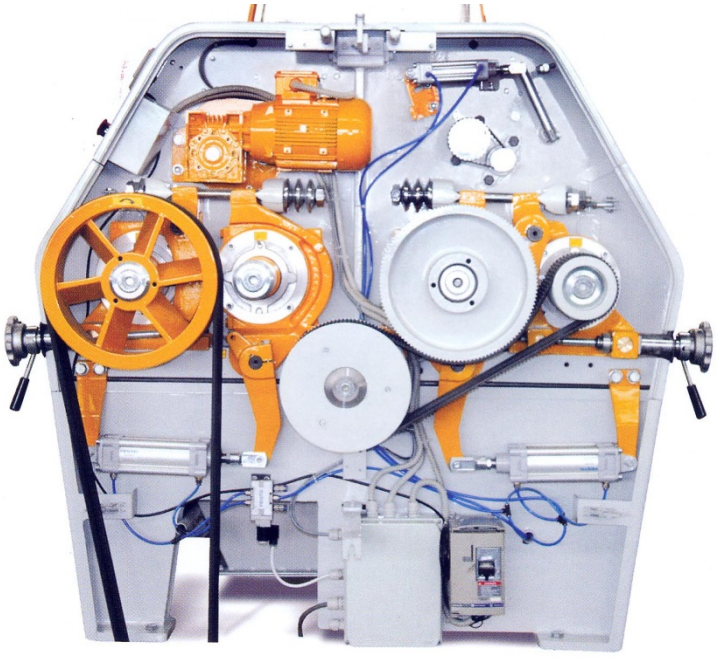
يعبر عن السرعة النسبية بالفرق في سرعة دوران الاسطوانتين بالنسبة لبعضهما. تدار الاسطوانة السريعة من المحرك أو بواسطة محور. تقوم الاسطوانة البطيئة بفعل المسك مقابل الاسطوانة السريعة. السرعة النسبية 1:2 تعني أن الاسطوانة السريعة تدور ضعف عدد دورات الاسطوانة البطيئة، في حين السرعة النسبية 1:1 تعني أن الاسطوانتين تدوران بنفس السرعة. في مطاحن الدقيق تعمل اسطوانات مراحل الكسرات بسرعة نسبية 1:2,5 من أجل تنظيف النخالة و1:1,25 حتى 1:1,5 للاسطوانات الملساء في الطحن لتخفيض تقطع النخالة.

يبين الشكل 5 آلية تحطم حبة القمح بين الاسطوانتين، وذلك بالتصوير السريع من لحظة تماسها علماً أن الاسطوانة اليسارية هي الاسطوانة السريعة.

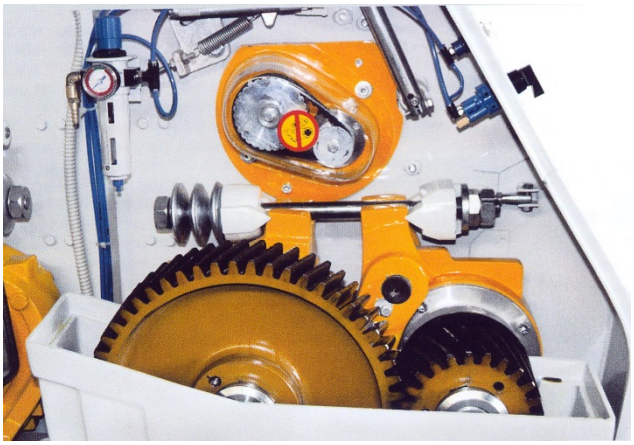
يبين الشكل 6 آلية نقل الحركة بواسطة سير ناقل والشكل 7 بواسطة مسننات لتأمين السرعة النسبية حيث الاسطوانة الخارجية هي الاسطوانة السريعة.



الشكل 5: آلية حبة القمح بين الاسطوانتين.



الشكل 6: آلية تشغيل السرعة بواسطة سير ناقل.



الشكل 7: آلية تشغيل السرعة بواسطة مسننات.

المسافة بين الاسطوانتين

تزداد نسبة التنعيم بانخفاض المسافة بين الأسطوانتين. يعود سبب تناقص المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين مع تقدم مراحل الكسرات إلى صغر حجم الحبيبات المارة بينهما. يبين

الجدول 2 المسافة الفاصلة المقترحة بين اسطوانتي مراحل الكسرات، ويبين الشكل 8 آلية ضبط المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين.

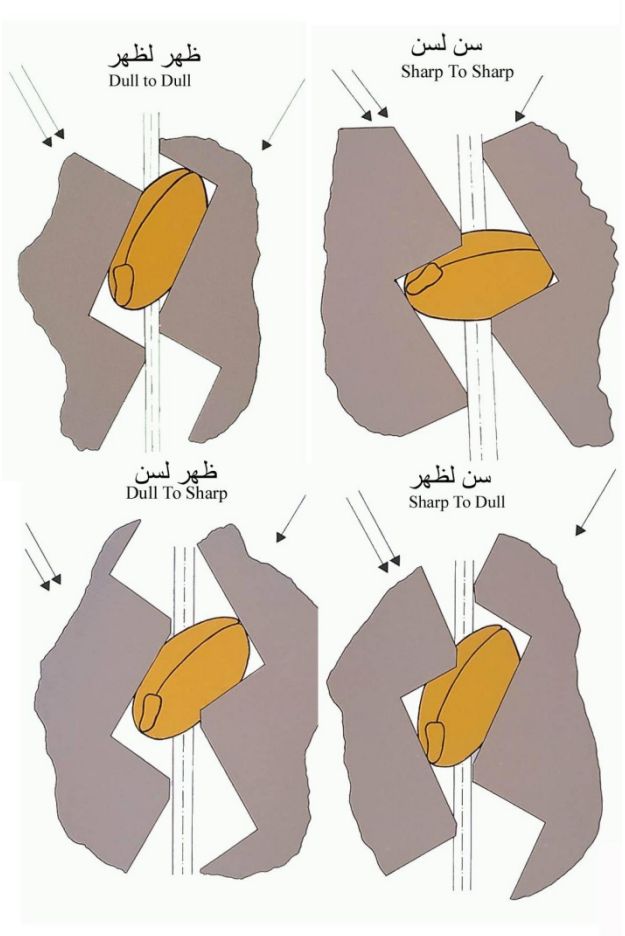
الجدول 2: المسافة الفاصلة بن الاسطوانات في مراحل الكسرات

الكسرة	المسافة بين الأسطوانتين	
	مم	انش
الأولى	0,5	0,020
الثانية	0,15	0,006
الثالثة	0,09	0,0035
الرابعة	0,08	0,003

الشكل 8: آلية ضبط المسافة بين الأسطوانتين.

وضعية الاسطوانتين بالنسبة لبعضها

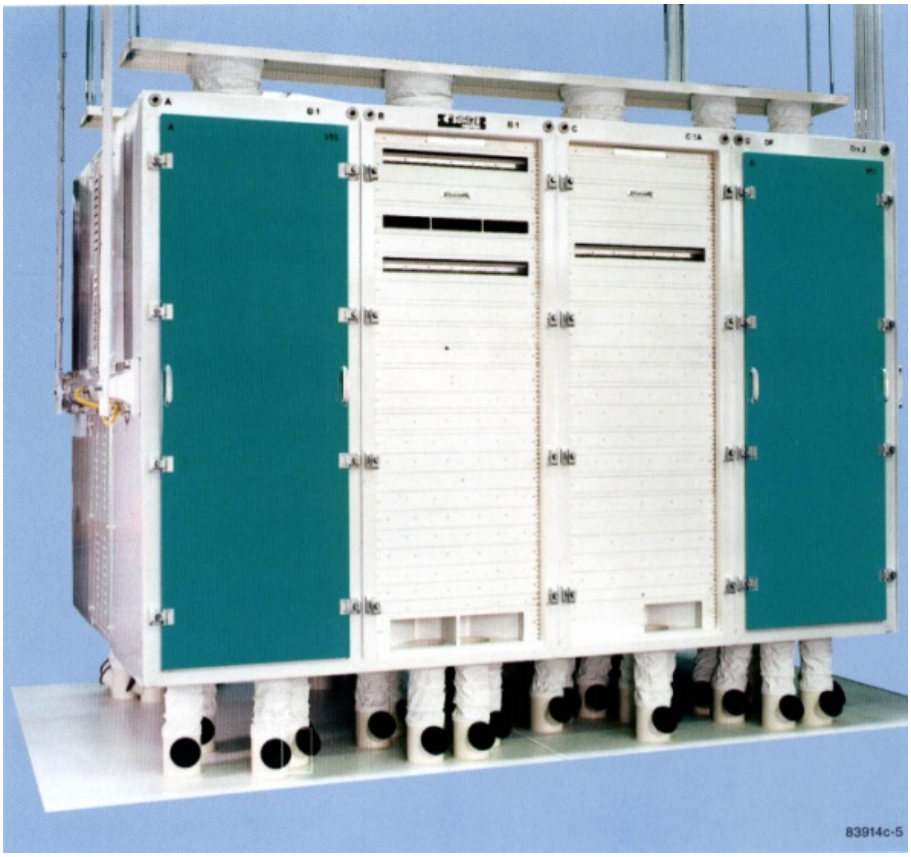
إن وجود طرفين مختلفين للأخدود بسبب زاوية ميل مختلفة لطرفي الاخدود والسرعة النسبية بين الاسطوانتين يخلق توضعات مختلفة لآلية تحطيم الحبة بين الاسطوانتين. تعني الوضعية ظهر لظهر أن ظهر الاخدود من الاسطوانة السريعة يمر على ظهر الزاوية من الاسطوانة البطيئة. تستخدم هذه الوضعية في نظام الكسرات في معظم المطاحن لتفادي عملية قطع النخالة وأما في مطاحن السميد فيستخدم الوضعية سن لسن من أجل زيادة عملية القطع وتخفيض إنتاج حبيبات ناعمة. أما الوضعيات الأخرى مثل سن لظهر وظهر لسن فتستخدم في بعض المطاحن لتخفيض الطاقة أو زيادة عمر أسنان الاسطوانات (الشكل 9).



الشكل 9: وضعية أخاديد الاسطوانتين بالنسبة لبعضهما

المناخل المركبة Plansifter

يتألف النموذج الأوروبي القديم للمناخل من إطار مستطيل على شكل درج تدخل في شقوق، وذلك من أجل زيادة طول سطح النخل بالنسبة للعرض، حيث يتميز بكفاءة أكبر لسطح النخل بسبب زيادة طول مسار جريان المادة. من مساوئ هذا النموذج صعوبة تغيير مخطط تدفق كدسة المناخل وعدد التيارات المفصولة، وصعوبة تنظيف أقسام المنخل الحاوي على أماكن ميتة تسمح بنمو الحشرات. معظم مصنعي المناخل الأوروبيين حالياً يصنعون المناخل المربعة أو يقدمونها كعرض بديل. يتركب هذا النوع من المناخل من صندوق معدني يقسم طوليا إلى عدة أقسام (2, 3، 4) يحتوي كل قسم على إطارات مركبة بعضها فوق بعضها ويبلغ عددها 12 أو 16 أو 24 أو 36 إطارا (الشكل 10).

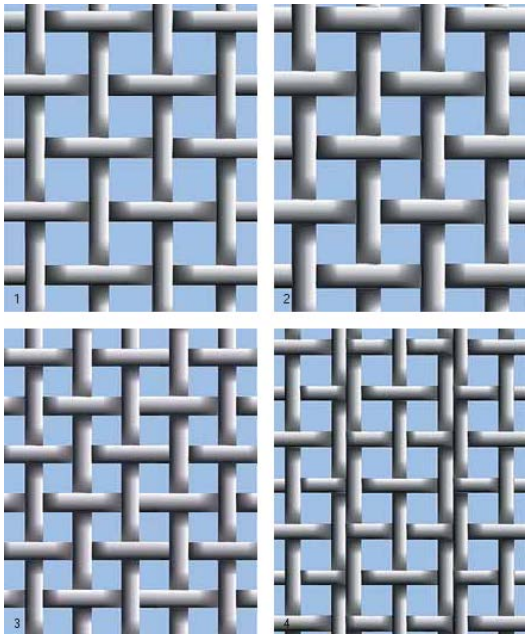


الشكل 10: المناخل المركبة

يتوضع على كل إطار، إطار داخلي خشبي مغطى بنسيج النخل، الذي يمكن أن يكون مصنوعاً من المعدن أو من الحرير أو النايلون (الشكل 11). توصف الأنسجة بأرقام تدل على عدد الثقوب في واحدة الطول والمادة المصنوع منها النسيج. تبين الشركات المنتجة للأنسجة رمز النسيج وأبعاد فتحة المنخل ونسبة المساحة المفتوحة (الشكل 12). وفيما يلي أهم أنواع الأنسجة المستعملة:

1) نسيج النخل الخشن (Grit Graze) ويرمز له بـ GG وتتراوح فتحاته بين 220– 1500 ميكرون.
2) نسيج الحرير الثلاثي XXX Treble extra silk والثنائي XX والاحادي X وتتباين فيها فتحات المنخل حسب الشركة المنتجة.
3) نسيج الاسلاك المعدنية Stainless steel W.

الشكل 11: طارة منخل



الشكل 12: أشكال فتحات أنسجة من شركة Sefar .

من العوامل المؤثرة على كفاءة عملية النخل:

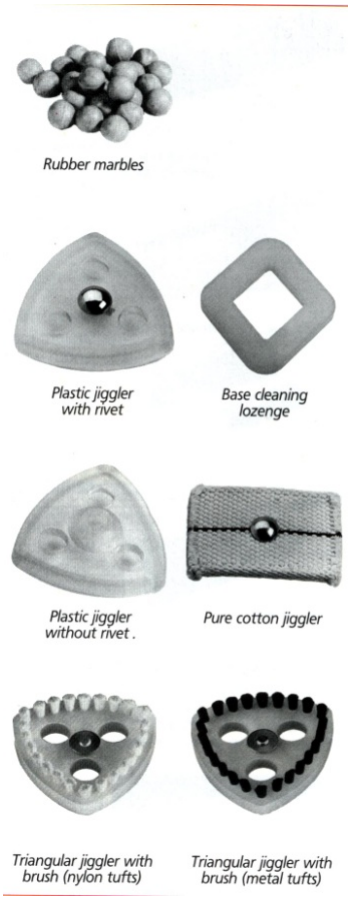
4) قطر دائرة مرمى الصندوق عند الحركة Diameter of throw وعادة يكون بقطر 3.5 إنش.
5) سرعة دوران المنخل (عدد دورات الثقل الموازن لثقل المنخل).
6) نوعية وطبيعة فتحات نسيج المنخل المستعمل.
7) كمية التغذية ومقدار سماكتها فوق نسيج المنخل.
8) طبيعة المواد المطحونة ودرجة رطوبتها.
9) نوعية أدوات تنظيف نسيج النخل.

من العوامل المؤثرة في عملية النخل، طبيعة المادة ومحتوى رطوبتها، أي فيما إذا كانت قاسية وسهلة الجريان أو طرية وملتصقة، كما أن كثافة المادة مهمة. كما يجب على المنخل تأمين مساحة كافية لتدفق التيار بحرية. يمكن جعل المنخل أكثر عمقا وذا مخرج أكبر (لخروج المتبقي فوق المنخل) لنخل مادة خشنة (كبيرة)، بالإضافة إلى ذلك قد تتطلب هذه المادة ميول أكبر للصينية وفتحة خروج أكبر. تؤثر الأحوال الجوية على

النخل حيث تصبح أكثر صعوبة بزيادة درجة الحرارة ونقطة الندى. كما تؤثر نعومة سطح المنخل ومعامل الاحتكاك بين المادة والمنخل على عملية النخل أيضا. تُصنع معظم أقمشة النخل المستخدمة في المطاحن بحيث تكون ناعمة لتقليل فرك الحبيبات وزيادة استطاعة الجريان.

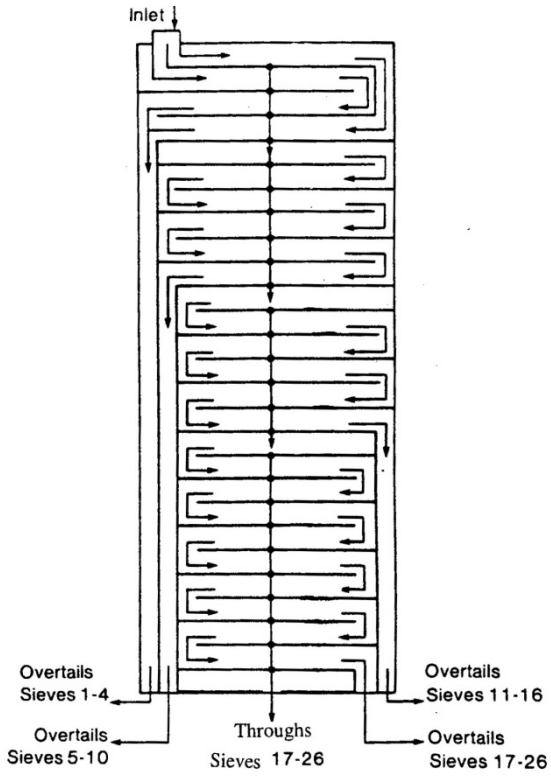
تؤثر قوة شد (توتر) قماش المنخل على عملية النخل، إذ يجب أن يكون القماش مشدوداً بشكل جيد ليؤمن سطحاً ثابتاً لحركة المادة. المنخل الرخو يتدلى ويبطئ المادة وأحيانا يسد الجريان. يبين الشكل 13 جهاز شد القماش وتثبيته على الإطار، كما أن الحفاظ على قماش النخل نظيفاً خالياً من الانسداد عامل هام في تحديد كفاءة النخل، لذلك تعتبر أدوات تنظيف قماش النخل ونوعيتها عاملاً هاماً جداً في عمل المناخل، ويبين الشكل 14 بعض أنواع أدوات تنظيف قماش النخل.

الشكل 13: ألة شد نسيج النخل على إطار النخل.



الشكل 14: بعض أشكال أدوات تنظيف قماش النخل.

تشكل كل مجموعة من المناخل المتماثلة في أبعاد ثقوبها مجمعاً واحداً لنوع معين من النواتج، يخرج من المنخل من فوهة معينة (الشكل 15). ويبين الشكل 15 منتجات مناخل الكسرة الأولى المقترحة.



الشكل 15: مخطط جريان المواد داخل المناخل المركبة.

منظفات السميد (الدقاق) Purifier

وظيفة منظف السميد فصل أنواع السميد عن حبيبات النخالة المرافقة والعالقة بها والتي يساوي حجمها حجم حبيبات السميد وذلك بواسطة مناخل وتيار هوائي يمر عبر هذه المناخل.

يوجد في التيارات الداخلة إلى منظفات السميد بالإضافة إلى السميد النظيف، جزيئات النخالة وجزيئات سميد يلتصق بها جزء من النخالة وجزيئات نخالة يلتصق بها جزء من الاندوسبيرم. يمكن ترتيب جزيئات المزيج وفق وزنها النوعي من الأثقل إلى الأخف كما يلي: جزيئات السميد النظيفة، ثم يليها جزئيات السميد التي يلتصق بها جزء من النخالة، ثم جزئيات النخالة التي يلتصق بها جزء من الاندوسبيرم، ثم جزيئات النخالة.

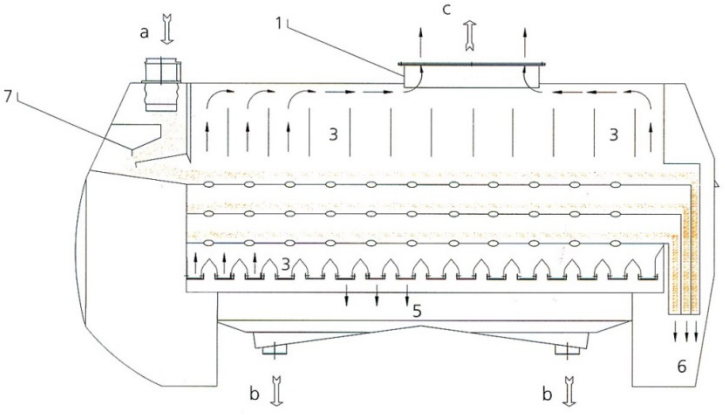
يتركب منظف السميد من هيكل معدني يضم مجموعة من المناخل (3 أو أربع مناخل) بعضها بجانب بعض تميل بمقدار 5–7% من طول مجموع المناخل، ويمكن أن يحتوي الهيكل طبقة واحدة أو طبقتين أو ثلاث طبقات. آلات تنظيف السميد ثلاثية الطبقات تؤمن

استطاعة عمل أكبر وتوزيع هواء أكثر تجانسا (الشكل 16). ترتب المناخل في المنظف بحيث تكون المناخل الخشنة في الطبقة العليا وتحتها تقع المناخل الأنعم ويتدرج من الناعم إلى الأكثر خشونة طوليا (الشكل 17). يكون نسيج المناخل من الحرير أو النايلون، ويتم تنظيف المناخل بصورة مستمرة بفعل فرشاة تركب تحت نسيج المنخل.

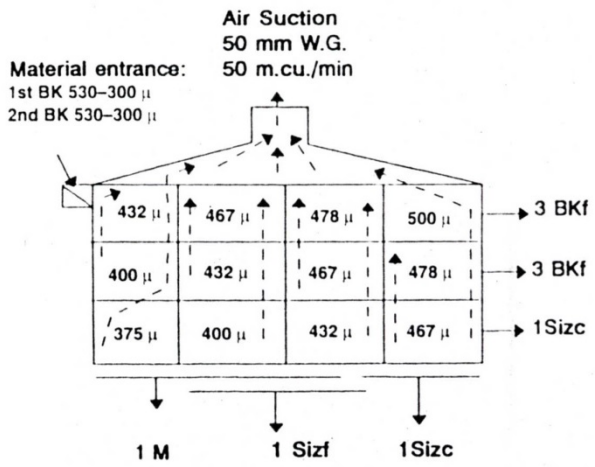
الشكل 16: منظف سميد.

تؤمن حركة المواد على المناخل بتوليد حركة اهتزازية أفقية بسعة تردد 15–20 مم.

كما تزود منظفات السميد بمغذٍ آلي يؤمن توزيعاً كاملاً على عرض المناخل، ويزود منظف السميد بنظام تهوية يؤمن تيار هواء مناسب يتخلل سطوح المناخل من الأسفل إلى الأعلى.



الشكل 17: مقطع عرضي لمنظف السميد



الشكل 18: فتحات مناخل منظف السميد وفقاً لحجم حبيبات السميد.

والشرط الأساسي لتحقيق تنظيف جيد للسميد، توزيع السميد الناتج عن المناخل وفقاً لحجمه إلى آلات تنظيف السميد المختلفة، أي كلما كان مجال حجم الحبيبات الداخلة إلى منظف السميد أصغر كان عمل منظف السميد أفضل.

مراحل عملية الطحن

1- مراحل الكسرات Breaking System

هدف نظام الكسرات هو فتح حبة القمح وكشط الاندوسبرم عن النخالة محرراً الاندوسبرم على شكل جزيئات كبيرة من السميد وبقاء النخالة على شكل رقائق كبيرة. في الحالة المثالية لا ينتج نظام الكسرات إلا جزيئات كبيرة من السميد ورقائق كبيرة من النخالة. وأهم من هذا كله يجب أن لا ينتج نخالة ذات أبعاد صغيرة لأنه يستحيل فصلها عن الدقيق وتشكل حبيبات النخالة الصغيرة في مراحل الكسرات أسوأ ما يتخيله الطحان. ويمكن أن يتحقق طحن من هذا القبيل فقط بالتقيد الشديد للقواعد الأساسية لكافة العناصر التكنولوجية مثلاً تسنين الأسطوانة والتعديل الدقيق لتغذية الأسطوانة ووضع الأسطوانة وكذلك بتطبيق مخطط نخل صحيح في قسم المناخل. وفي هذه المرحلة فإن إطلاق دقيق كثير غير مرغوب فيه. وفي نظام الطحن نصف العالي يجب أن يكون مجموع دقيق مراحل الكسرات في حدود 15–20%. والكمية الرئيسية للدقيق من الدرجة الأولى ينبغي أن يحصل عليها من أنظمة التخفيض والتحاويل

التالية وبتسلسل هذا المبدأ يجب أن تعمل اسطوانات الكسرات كثيراً جداً بشكل معقول جارشة المواد إلى ذرات من أحجام السميد. وخاصة فإن الكسرات الأربعة الأولى ينبغي أن تنتج مخزون السميد لتغذية نظام الدقاق. وبتسلسل الطحنات والانطلاقات المتعددة لأجزاء الإندوسبرم يصبح المخزون ذا نخالة أكثر فأكثر. وطبقاً لذلك يجب أن تكون أحجام الأسنان وزواياها مناسبة.

يضم قسم الكسرات خمس مراحل بالمتوسط (الشكل 19). تغذى الحبوب إلى آلة الكسرة الأولى وترسل نواتجه إلى المنخل المركب الخاص بها حيث تفصل إلى دقيق وفرخة ناعمة Fine middlings وفرخة خشنة Coarse middlings وسميد ناعم Fine semolina وسميد متوسط Medium semolina وسميد خشن Coarse semolina وجريش ناعم وجريش خشن ويتم في المناخل المركبة فصل نواتج الكسرة إلى جميع هذه المنتجات أو إلى بعض منها وفقاً للنظام المتبع في مخطط المطحنة. ويرسل الدقيق إلى خلاط الدقيق مع دقيق المراحل الأخرى وهناك يتم تحديد دقيق المراحل التي ستخلط مع بعضها البعض وذلك وفقاً لنسبة الإستخراج المراد الحصول عليها، ويرسل الجريش الخشن إلى مرحلة الكسر اللاحقة الخشنة، والجريش الناعم إلى مرحلة الكسر الناعمة اللاحقة وفي المرحلة الأخيرة تنتج النخالة الخشنة.

أما السميد فيرسل إلى آلات تنظيف السميد إن وجدت ومن ثم يرسل السميد النظيف إلى آلات طحن مراحل التخافيض الخاصة بها بينما ترسل الفرخة الناتجة عن المناخل المركبة مباشرة إلى آلات طحن مراحل التحاويل الخاصة بها أيضاً.

تنتج هذه المراحل السميد بأنواعه بنسبة من 62 –65 % ونسبة الدقيق تتراوح ما بين 12– 15 % ، نخالة بنسبة 7.5 % بالمتوسط.

2– مراحل التخافيض Sizing Section

إن مهمة مراحل التخفيض تصغير أحجام السميد الخشن والمتوسط النقي إلى فرخة ودقيق بالإضافة إلى تأمين الناتج لتغذية المرحلة التالية أي التحاويل. ويجب أن تعطي مراحل التخافيض حوالي 25% من الدقيق وفي نظام الطحن نصف العالي عادة تستعمل 3 إلى 4

مراحل تخافيض. واسطوانات التخافيض تكون غالباً ملساء ومن نوع خاص من الحديد المسقى والزوج الأخير من أسطوانات التخافيض يكون في بعض الأحيان مسنناً (11 سناً في السنتميتر الواحد والزاوية الحلزونية 16%). أما إذا لزم فصل أجنة القمح فيجب أن يكون الزوج الأخير للتخافيض ملساً لجعل الأجنة على شكل رقائق ويمكن أن يتم استخراج أجنة القمح بواسطة المناخل الأخيرة. إن الأجنة على شكل رقائق تمر من خلال المنخل رقم 20 وتبقى فوق شريط المنخل رقم 48.

3- مراحل التحاويل Reduction (Milling Section)

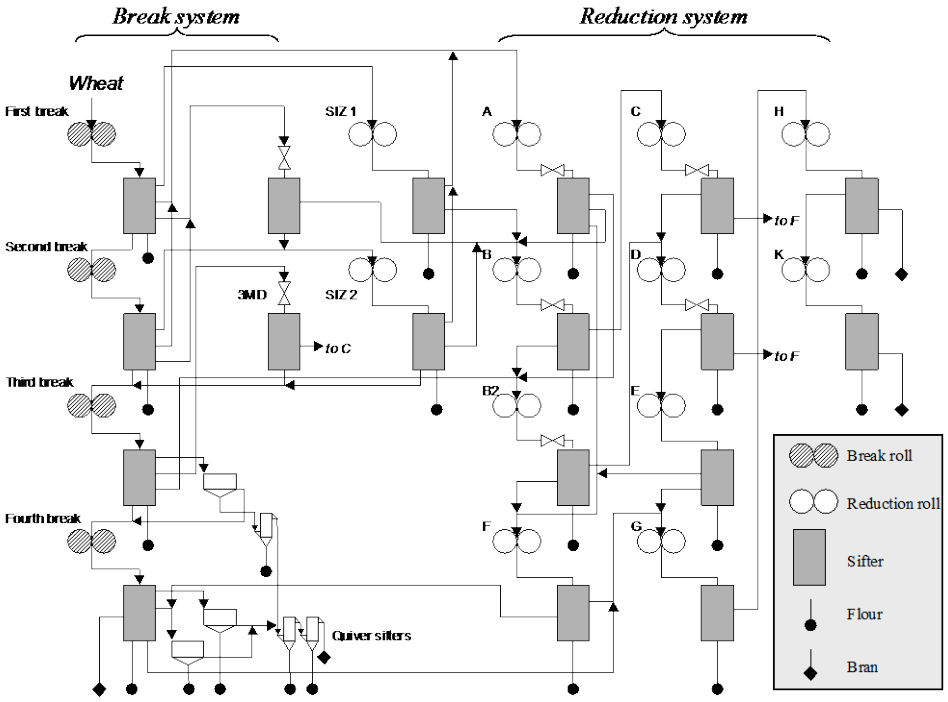
هدف هذه المرحلة كونها الأهم والأخيرة في عملية الطحن استخلاص أكبر كمية من الدقيق من الفرخة حيث يجب أن تنتج حوالي نصف مجموع كمية الدقيق المستخرج. ويبلغ عدد خطواتها من 6 – 10 اسطوانات. والمهمة الرئيسية لمراحل التحاويل هو تخفيض كافة ذرات السميد إلى ذرات بحجم ذرات الدقيق.

ويمكن توزيع دقيق استخراجه 82 % على المراحل الثلاث وفقاً لما يلي :

1 – مراحل الكسرات 15 % بالمتوسط .

2 – مراحل التخافيض 25 % بالمتوسط تخفيض السميد الخشن إلى ناعم .

3 – مراحل التحاويل 42 % بالمتوسط .



الشكل 19: مخطط نموذجي لمراحل لعملية الطحن

تصنيف دقيق مراحل الطحن

وفقاً لإستطاعة المطحنة، ينتج ما بين (15 – 25) دقيق مختلف من مراحل الطحن وفي كل مرحلة يكون الدقيق الناتج من قسم مختلف من حبة القمح. نحصل على دقيق المنتج النهائي من خلال خلط الدقيق الناتج من المراحل المختلفة التي تختلف مواصفاتها بشكل كبير. من أجل خلطها والحصول على دقيق المنتج النهائي ذو مواصفات مثلى يجب معرفة التركيب الكيميائي ونوعية دقيق كل مرحلة.

الخواص التي يجب تحديدها من أجل ذلك :

1 – نسبة الرطوبة % .

2 – نسبة الرماد % .

3 – نسبة البروتين % .

4- فعالية α أميلاز .

5- كمية الماء الممتصة .

ويمكن تصنيف دقيق المراحل المختلفة في المطحنة بشكل أساسي إلى ما يلي :

1- دقيق مراحل الكسرات

ينتج عن الطبقات الخارجية من الأندوسبيرم والخطوات الثلاثة الأولى في مراحل الكسر تعطي دقيق منخفض نسبة الرماد يزداد محتوى الرماد في الخطوات الرابعة والخامسة بشكل سريع يكون محتوى البروتين والغلوتين أكبر من محتواهما في القمح ويشكّل 15% من الدقيق الناتج الكلي.

2- دقيق مراحل التحاويل

يعتبر الدقيق الناتج من هذه المراحل من القسم الداخلي للأندوسبيرم. ويميز الخطوات الستة الأولى محتوى الرماد الأخفض والأكثر بياضاً أي أنه أفضل نوعية نحصل عليها. نسبة البروتين والغلوتين أقل من نسبتهما في القمح، ولكن نوعية الغلوتين مرتفعة ويشكل 65% من الدقيق المنتج الكلي.

3- الدقيق من الدرجة الثانية

وهو الدقيق الناتج عن خطوات لاحقة لخطوات التحاويل الأولى وطحين الكسرة الرابعة وينتج عنها الدقيق الملتصق بالنخالة والذي يحتوي بشكل كبير على طبقة الأليرون وتكون نسبة البروتين عالية ونوعيته منخفضة، نسبة الرماد مرتفعة ولونه داكن.

4- الدقيق منخفض الجودة

وهو الدقيق الناتج عن الخطوات الأخيرة من مراحل التحاويل، نفاضات النخالة ومرحلة الكسر الخامسة ويتشكل هذا الدقيق من الأندوسبيرم الحاوي على الأليرون مع نسبة ضئيلة من القشرة. نسبة الرماد مرتفعة ولونه داكن جداً ونسبة البروتين مرتفعة جداً ونوعيته رديئة يشكّل 5 % من الدقيق الكلي.

القيم النوعية العائدة لمجموعة الخطوات السابقة الذكر موضحةً كما يلي في الجدول رقم (3):

جدول (3) : يبين مواصفات مختلف أصناف الطحين .

المقدمع بالخطوة	محتذ لك الخفينم بكي	الحص م بـ	ذالتح	ا دهتنك	الحكم م
الخطوة الأولى للكسرات والخطوات الأولى من التحاويل	65	13.5	0.39	10.8	100
النوعية الثانية	30	13.4	0.6	12.3	85
النوعية منخفضة	5	12.4	0.9	13.6	75
الدقيق القياسي	95	13.4	0.45	11.1	97
الدقيق الكلي	100	13.4	0.48	11.3	95
القمح	–	15	1.65	12.4	–

نسبة استخراج الدقيق

وهي كمية الدقيق التي يمكن الحصول عليها من كمية معينة من القمح أو عدد الكيلوغرامات من الدقيق التي نحصل عليها من 100 كغ قمح.

الطرق المتبعة لحساب نسبة استخراج الدقيق وهي:

على أساس كمية القمح قبل التنظيف :

$$\text{ãÓÈÉçÇÊÎ Ñ} = \frac{\text{كميـــة الـــدقيق المنتـــج}}{\text{كميــة القمــح الــداخل غـير المنظـف}} \times 100$$

القمح نظيف وقبل الترطيب

$$\text{äÓÈéçÓÊÎ Ñ¢} = \frac{\text{كميـــة الـــدقيق المنتـــج}}{\text{كميـة القمـح المنظـف}} \times 100$$

بعد التنظيف والترطيب :

$$\text{äÓÈéçÓÊÎ Ñ¢} = \frac{\text{كميـــة الـــدقيق المنتـــج}}{\text{كميـة القمـح المرطـب}} \times 100$$

الطريقة الرابعة : على أساس نواتج الطحن:

$$\text{äÓÈéçÓÊÎ Ñ¢} = \frac{\text{كميـــة الـــدقيق المنتـــج}}{\text{وزن كافـــة النـــواتج}} \times 100$$

الفصل الثاني

التحكم في المطحنة

الطحان مسؤول عن فئتين رئيسيتين تؤثران على الربح: تكلفة التصنيع لإنتاج وحدة من الدقيق والاسترداد النقدي الإجمالي من كمية معينة من القمح. للتصدي لهذه المسؤوليات، يجب أن يملك الطحان الوسائل التي تتحكم في كامل نظام التشغيل واتخاذ القرارات الفنية والاقتصادية، والإدارة. معدل الاستخراج الأمثل هو الهدف الرئيسي للطحان، بالإضافة إلى جودة المنتجات النهائية واستطاعة المطحنة. التركيز على هذه الأهداف الثلاثة يتغير باستمرار، ويجب العثور على التوازن الاقتصادي الأمثل فيما بينها.

ويرتبط ضبط عمل المطحنة بشكل أساسي بالجوانب التقنية لعملية الطحن. على الرغم من أن تشغيل المعدات ورصد تدفق الطحن مؤتمت إلى حد كبير بمساعدة الالكترونيات المتطورة فإن إشراف حثيث من متخصص في عملية الطحن ضروري للوصول لنظام فعال واقتصادي. يجب اختيار القمح وخلطه على أساس معايير محددة ومن ثم تنظيفه وترطيبه بشكل مناسب للطحن. في المطحنة، يتم تغذية القمح لآلات الطحن ويطحن بحيث يولد توزيع مناسب للتيارات الوسطية ككمية ونوعية للحفاظ على توازن المطحنة. يتطلب ضبط المطحنة من الطحان وضع أساليب ومبادئ توجيهية محددة لحفاظ بشكل دائم على العملية ذات كفاءة. ولكن، كمبيوتر التحكم يقوي القدرات البشرية من خلال تطبيق الذكاء المبرمج لتشغيل اقتصادي اجمالي للعملية التي يمكن أن تؤدي إلى 1) زيادة الإنتاج وتحسين الاستفادة من التجهيزات منة، 2) تحسين ضبط الجودة وثباتيتها، 3) تخفيض تكاليف التشغيل من خلال استخدام أفضل للمواد الخام والحد من الخسائر والأخطاء البشرية. الوظائف الأكثر شيوعا لجهاز الكمبيوتر الذي يضبط المطاحنة:

1. السيطرة على المحركات ومجموعة نقاط لتوجيه العملية.
2. فحص متغيرات العملية.
3. تسجيل البيانات، إما على الطلب أو بتوجه أساسي.

4. توفير إشارات إنذار عندما تخرج متغيرات العملية عن حدودها.
5. تسجيل تسلسل الأحداث.
6. حساب مؤشرات الأداء وإعداد التقارير.
7. توفير معلومات عند طلب المشغل.
8. التشغيل وإيقاف وضبط تسلسل العملية وتجهيز معالجة المواد.
9. اتخاذ إجراءات الطوارئ عند الحاجة،
10. إجراء حسابات ضبط متعدد المتغيرات وحساب الحل الأمثل.

اقترح نظام متكامل لمطاحن الدقيق التي يتم فيها ربط نظام أتمتة الإنتاج مع نظم الأعمال والمعلومات عبر شبكة اتصالات واحدة مشتركة. مع مثل هذا النظام المتكامل، يمكن تبادل المعلومات بين الإنتاج والمحاسبة والفواتير، ومراقبة الجودة، وجدولة الإنتاج، والصيانة.

بالإضافة إلى ذلك، يستخدم العديد من الأساليب غير المباشرة للتحكم في المطحنة، وهذه تتطلب مهارة وحكمة الطحان. يفحص الطحان ويقيم القمح والدقيق الناتج، والجنين، والنخالة لتحديد معايرة المطحنة للحصول على أفضل أداء. يتم التعبير عن الكميات النسبية للمنتجات كتابع للكمية والنوعية. للضبط العمليات الوسطية، مثال، مراحل الطحن في المطحنة، يستخدم الطحان منحنى الرماد، جدول التوزيع، وتحليل النخل، والتي يتم إنشاء منحنى التحبيب منها. هذه الوسائل تعطي الطحان صورة كاملة عن الأداء الفني للمطحنة وتسمح بتقييم التغيرات في المواد الخام، وجودة المنتج، وكفاءة المطحنة.

طاقة المطحنة Mill Capacity

يتم تشغيل المطاحن إما بالطاقة التصميمة، أو بالطاقة المقدرة، أو بالطاقة المثلى. الطاقة التصميمية ثابتة وتحتوي على هامش أمان لحالات الطوارئ التي قد تؤثر على الطاقة. قد يشير المصمم إلى طاقة تشغيلية لأنواع مختلفة من القمح، ومع ذلك، فإنه لا تزال ثابتة. تستند الطاقة المقدرة على الخبرة السابقة وتمثل سجلا الطاقة على مر الزمن عند وضعه في المستوى الذي لديه هامش جيد من السلامة خلال التشغيل. الطاقة المثلى هو الحمولة

القصوى التي يمكن للمطحنة معالجتها دون خفض الاستخراج. يجب أن يعرف الطحان باستمرار استخراج الدقيق لرصد أي تغيير يحصل في النظام. من الواضح، إذا لم يتم إجراء أي تعديلات في النظام فإنه عند رفع الحمولة في المطحنة، فسيتم انخفاض الاستخراج. لذلك، يجب على الطحان ضبط المطحنة ليحصل على أعلى طاقة بأفضل استخراج. يستطيع الطحان أحيانا ان يقلل حمل المطحنة لتحسين الاستخراج أو المحافظة على نفس إنتاج الدقيق. وبالتالي، فإن معدل تغذية ثابت لا يضمن أفضل النتائج.

العوامل التي تؤثر على الطاقة واستخراج المطحنة بالاضافة الى التدفق والتصمي، نوع وحالة القمح، والعوامل البيئية (درجة الحرارة والرطوبة)، ومواصفات الدقيق، والتغيرات الموسمية، وصيانة المعدات. بعض انواع القمح تطحن بسهولة أكثر من غيرها، واستخراج مرتفع ونوعية جيدة. عند استخدام قمح ذو نوعية طحن أفضل، يمكن تغيير حمل المطحنة وزيادة طاقتها. تؤثر حالة القمح على تنعيم الاندوسبيرم. يؤدي الاندوسبيرم القاسي الذي يصعب تنعيمه إلى انخفاض الطاقة. العوامل البيئية والظروف المحيطة في المبنى أيضا تؤثر على اداء المطحنة. في الايام الرطبة ترتفع نسبة الرطوبة، فإن المواد الوسطية لا تجري بحرية، وربما تمنع جريان التدفق. بالإضافة إلى ذلك، تنخفض كفاءة النخل بسبب خصائص المادة. الدقيق مادة ذو طبيعة هيغروسكوبية ويمتص الرطوبة أو يفقدها من وإلى الغلاف الجوي وفقا للرطوبة النسبية، مما قد يتسبب في صعوبات التشغيل. المطاحن التي لا توازن الهواء المستخدم في المطحنة تواجه تغيرات في الطاقة، على سبيل المثال، ارتفاع درجات حرارة نقطة الندى تخفض الطاقة بنسبة 10٪ أو أكثر. من أجل الحصول على دقيق ذو تحبحب خشن يتطلب زيادة الطاقة، في حين تحبحب ناعم يتطلب خفض الطاقة. انخفاض الطاقة عن الطاقة المثلى لنوع معين من القمح يؤدي إلى ارتفاع استخراج الدقيق وارتفاع نسبة الرماد في الدقيق. يحدث التأثير الموسمي على الطاقة أثناء طحن القمح المحصول حديثا، والذي يتطلب عادة طاقة طحن أقل. عند تخزين القمح لمدة 14 أسبوع بعد الحصاد، كما هو موضح في الفصل الأول يحسن جودة طحن القمح. تؤثر الصيانة الجيدة للمطحنة على نتائج الطحن لأن طاقة المطحنة تتحسن بعد تنظيف المناخل واستبدال اسطوانات الطحن ذات الأسنان المهترأة.

بعض المطاحن الالية الحالية التي يتحكم بها بواسطة الكمبيوتر، حيث تعدل المسافة الفاصلة بين اسطوانات الطحن وفقا لنوع القمح، تعمل هذه المطاحن بطاقة طحن ثابتة بسبب التدخل

المحدود من قبل الطحان للمعايرة. في هذه الحالة يتم فقدان الفرصة لزيادة الطاقة والاستخراج لأنه، على الرغم من أنه يمكن زيادة حمل المطحنة، يخفف الطحن ويتم موازنة الحمل للحفاظ على طاقة ثابتة. من ناحية أخرى، في الحالة الراهنة لتكنولوجيا آلة الطحن، إذا لم يثبّت الطحان طاقة المطحنة، فإنه يمكن للطحان الخبير أن يضبط المطحنة من خلال تعظيم كل من الاستخراج والطاقة، وهو أمر لا يمكن لأجهزة الكمبيوتر الحالية أن تقوم به.

الأتمتة Automation

تستخدم مطاحن الدقيق الصناعية القائمة أحد أقدم نظم الإنتاج المستمرة، والمتكاملة، والآلية. حتى قبل استخدام المكونات الإلكترونية في الصناعة، صممت مطاحن الدقيق لتحقيق حمل متوازن للآلات وكميات ونوعيات تيارات وسطية مثلى لمختلف مراحل المطحنة. أتمتة المطحنة امر معقد جداً لأنه لا يوجد تغيير تشغيلي أو وظيفة معايرة معزولة، إلا ويؤثر على المتغيرات الأخرى في النظام. في البداية طبقت الأتمتة في تشغيل وإيقاف المطحنة. وهذا كان أمراً أساسياً وذلك بسبب الكميات الكبيرة الموجودة في نظام المطحنة المشغلة. إن التسلسل الواضح لتشغيل وإيقاف الآلة بفاصل زمني مناسب بين المراحل يمكن أتمتته بشكل فعال وهو ضروري في المطاحن الحديثة. حالياً، تؤثر التكلفة التشغيلية على اتساع استعمال الاتمتة المعقدة في صناعة الطحن.

إن الأتمتة بشكل أساسي تحل محل العامل البشري وذلك عن طريق جهاز يقيس ويقدر ويضبط العملية لمستويات محددة. هذا ويمكن تمثيل معطيات الاختبار والقياس بيانياً أو بالأرقام أو بالإشارات وفقاً للقرارات المتعلقة بضبط العملية، والتي عادة تؤخذ من قبل الطحان، يمكن أن تتم بواسطة الآلة. ومع ذلك يعتمد الحكم البشري في الجودة على الخبرة الواسعة والمراقبة والخيار الشخصية. إن التأخر في تطوير الأتمتة يعود إلى عدم القدرة على إيجاد برنامج رقمي يعطي تقديرات مقاربة للتقديرات الشخصية.

فيما يتعلق بأتمتة مطاحن الدقيق على العاملين أن يفرقوا بين التوجيه والضبط. فتوجيه المواد والآليات والبضائع يتعلق بإرسال المواد في اتجاه ما أو بآخر وتشغيل وإيقاف جريان المواد وتشغيل الآلات بشكل تسلسلي. بينما يتعلق الضبط بتنظيم فتحة بوابة التغذية لناقل شريطي أو ضبط أسطوانات الطحن للحصول على شدة طحن محددة. يعطي هذا التنظيم إشارة راجعة

تمثل مستوى المنتج على الحزام الناقل وتؤدي إما إلى فتح بوابة التغذية أو إغلاقها. إن تقدم أتمتة المطحنة يحتاج إلى تطوير الحساسات وأدوات القياس لتحديد كمية وجودة المواد المتدفقة. بعض الحساسات الرئيسية وأدوات التحكم سيتم مناقشتها لاحقاً. خصوصاً في المطحنة التي تعمل دون حيث يتوفر ضبط مسبق لجريان المواد حتى درجة معينة ولكن ما زالت بحاجة إلى تطوير أكثر.

الذكاء الإصطناعي (أو الانظمة الخبيرة) هو الطريقة في رفع مستوى الأتمكتة في صناعة الطحن إلى مستواها القادم. يعتمد الذكاء الاصطناعي على قدرة نظام الكمبيوتر على إتخاذ قرارات تعتمد على المنطق البشري وفقاً لمعلومات آتية من الحساسات الموجودة في المطحنة. اعتماداً على قاعدة معطيات واسعة مخزنة نتيجة تجمع الخبرات السابقة للعاملين والأحداث المتوقعة، تتم برمجة الكمبيوتر لإعطاء قرارات تصحيح ولضبط المطحنة وهذا أمر مختلف عن التحكم في المطحنة. المعرفة الشائعة ونماذج التفكير البشري والحكم السببي هي مصادر قوة الذكاء الإصطناعي والذي يقوم بأخذ القرارات بعد فحص دقيق لعدد كبير من التعابير الشرطية if statement وقواعد العمل rules of action. تحتوي القواعد على أفضل الممارسات في تشغيل المطحنة والمشاكل، وهي قد تتواجد في كتيب المعلومات التصميمية (اجراءات التشغيل) بالاضافة الى المعلومات القائمة على المهارة التي تبنى نتيجة العاملين الخبراء. بدلا من المنطق الثنائي البسيط الذي يقوم بقرارات نعم / لا ساخن / باردة، أو سريع / بطيء، يمكن للنظام الخبير اتخاذ قرارات في الوقت الحقيقي على أساس المنطق البشري. يحاكي النظام الخبير التفكير البشري عن طريق قياس الأحداث والقرارات عادة على شكل لغة بدلا من الأرقام. استخدام تقنيات المنطق الضبابي تمكن من ترجمة المعلومات اللفظية إلى تصريحات جبرية التي يمكن التعامل معها بواسطة الكمبيوتر. قدرة الطحانين العاملين لفهم الأنظمة التي يتعامل معها والبيانات الناتجة عن تحليل المطحنة يحدد مدى تمكنهم من توفير المعلومات التكنولوجية التي يتطلبها النظام الخبير.

الحساسات Sensors

إن وظائف عناصر التحكم المثبتة في الأجزاء المختلفة من المطحنة هي القياس، التنظيم والاستشعار (التحسس sensing). فعلى سبيل المثال، إن الحساسات التي تستشعر مستوى

المواد الموجودة في فراغ ما هي أجزاء هامة في أتمتة الوحدة. مثال آخر هو جهاز كشف ينبه العاملين عند جريان مواد غير طبيعية في مجاري الهواء. وتلك مسألة هامة نظراً لإمكانية حدوث تمزق أو انفصال لأكياس الفلتر. يمكن تحديد معدل الجريان النسبي للغبار في منظومة هوائية وذلك بالاعتماد على مبدأ توليد الكهرباء الساكنة بالاحتكاك triboelectrification. تتولد الكهرباء الساكنة نتيجة لتصادم مادتين مع بعضهما البعض أو فركهما معاً الأمر الذي يسبب انتقالاً للشحنة من مادة إلى أخرى. وعلى الرغم من صغر الشحنة (10–0 فولط) إلا أنها ممكنة القياس كتيار. تعمل الحساسات التي تتحسس وجود أية شرارات آنية في المجاري على فتح بوابات كي تعمل على احتواء هذه الشرارات منعاً لحدوث انفجارات.

عند استخدامنا لأجهزة الحساسات لأغراض مختلفة علينا أن نأخذ بعين الاعتبار عوامل الصيانة والسلامة وعمر العناصر التي تتألف منها هذه الأجهزة.

ضبط جودة المواد لحظيا On-line Stock Quality Control

إن استخدام الأشعة القريبة من تحت الحمراء المنعكسة NIR يسمح للطحان بمراقبة تغيرات جودة تيارات المطحنة. تمزج تيارات ذات مواصفات حدية مختلفة بشكل خطي وتحلل ويتم تلقيم المعلومات التي نحصل عليها إلى حاسوب يستخدم تقنية NIR والذي يعمل على مراقبة وتشغيل عمل المطحنة. يتم ضبط الآلات الكترونياً في حال حدوث أي انحراف عن مجال محدد مسبقاً. لقد تم استخدام تقنية NIR بنجاح وذلك من أجل التحكم في جودة المنتج النهائي ومن أجل ضبط المضافات مثل الغلوتين والنشاء. يمكن تحليل عدد من المنتجات النهائية يصل حتى أربع منتجات بشكل متتالي لضبط متغيرات الجودة أو المضافات. تمت مناقشة استخدام تقنية NIR للتحكم في المطحنة بشكل أكثر تفصيلاً لاحقاً في هذا الفصل.

ضبط نسبة الاستخراج Mill Extraction Control

يتم تزويد أنظمة المطاحن الحديثة بأنظمة مستمرة للوزن وذلك من أجل تعقب المواد الداخلة وضمن والخارجة من المطحنة. يستطيع الطحان أن يستقرأ أداء المطحنة الذي يتم تسجيله بشكل مستمر. وهذا أمر مهم لكي يقوم الطحان بإجراءات الضبط اللازمة لضبط عمل

المطحنة وتحسين نسبة الاستخراج. كما أن المعلومات الاحصائية التي نستحصلها تستخدم في إدارة عمل المطحنة وأيضاً لحساب تكاليف الإنتاج.

نستطيع أيضاً أن نستعين ببرامج الحاسوب لتحسين طريقة عرض وتحليل المعلومات. تستخدم قيمة المبيعات النسبية لكل منتجات المطحنة وتكاليف تصنيع المنتجات لحساب القيمة المضافة إلى القمح الأصلي. يمكن مقارنة القيمة المضافة الفعلية مع القيمة المضافة المنشودة والتي تدل على أداء المطحنة. وهكذا فإن مدير المطحنة يستطيع الاستفادة من جميع هذه العوامل ليأخذ بعين الاعتبار كل التغيرات الممكن حصولها والوصول بأداء المطحنة أمثلي.

أنظمة الترطيب الآلية Automated Conditioning Systems

تعد عملية ترطيب الأقماح أحد أهم الأجزاء في أتمتة عمل المطحنة. التأكد من إضافة الماء بشكل متجانس ومن زمن الترطيب المناسب بهدف جعل القمح في حالته المثلى لعملية الطحن، يعمل على تجنب أي تذبذب في توزع المواد في المطحنة وتزيد من كفاءة النظام. تعد مرحلة الترطيب المرحلة الوحيدة في عملية الطحن والتي يستطيع فيها المشرف العامل التحكم والتغيير في المواد الخام. فإذن على المشرف العامل السعي للحصول على أكبر قدر ممكن من التحكم الآلي في عملية الترطيب. إن كل جانب من جوانب عملية الترطيب، مثل كمية الماء المضافة، الزمن المعطى لدخول الماء، وتغيير الصوامع خلال الوقت هي أمور هامة لكي يتم الحصول على النتائج المرجوة في المطحنة. على الرغم من أنه قد تم تطوير عدة أجهزة للوصول إلى كمية الماء المثلى والمطلوب إضافتها في عملية الترطيب إلا أن التحكم في المدة الزمنية اللاحقة بواسطة جهاز آني بقي أمراً غير ممكن. ولكن يمكن تطوير مثل هذا الجهاز ببعض التعديلات المناسبة وذلك بالاعتماد على المبدأ المستخدم في أنظمة خصائص الحبة الواحدة.

تصميم الآلة لكي تتلائم مع الأتمتة Machine Design to Accommodate Automation

إن آلات الطحن الحديثة متكيفة مع أتمتة المطحنة المستقبلي. بعض الوحدات هي عبارة عن أنظمة تحكم بالكامل، بينما بعض الوحدات الأخرى يمكن أن تتكامل مع عملية الطحن الأجمالية. فمثلاً إن آلة الطحن الأسطوانية هي آلة أساسية في المطحنة ولكن الاجتهادات

الشخصية الموضوعية لا تزال قائمة من أجل ضبط الاسطوانات وتقييم خصائص سطح الاسطوانة.

تضمنت أتمتة آلات الطحن سابقاً عملية تقريب وتبعيد الاسطوانات. تم وضع شجرة (بنية متشعبة) في مدخل المواد تقود آلة الطحن. أما اليوم فالحساسات الالكترونية في مدخل المواد تنظم تقريب وتبعيد الاسطوانات وتتحكم في سرعة اسطوانات التغذية. اعتماداً على وزن المواد المتراكمة يتم تقريب أو تبعيد الاسطوانات بواسطة الضغط بواسطة مكبس يعمل باستخدام الزيت أو الهواء. وهذا أمر يضمن عدم تقريب الاسطوانات وتشغيلها في حالة عدم وجود التغذية كما أنه يمنع تلف الأسنان. كذلك يمنع ارتفاع حرارة الاسطوانات، وهو خطر اندلاع أي حريق محتمل، بواسطة الأبعاد الآلي لأسطوانات آلة الطحن. بعد ذلك تم دمج عملية التقريب والتبعيد ضمن عملية التحكم بإدخال التغذية إلى الاسطوانات.

ضبط المسافة الفاصلة بين الاسطوانات كانت المحاولة التالية في أتمتة آلة الطحن. تعمل محركات التيار المستمر الخطوية على التحكم في المسافة الفاصلة بين الاسطوانات وذلك من أجل تغيرات محددة في مزيج القمح أو شروط الطحن. يجب إعادة معايرة مثل هذه الأنظمة بشكل دوري وذلك نتيجة للتغيرات في المواد الخام وتآكل الآلة. تجري الآن محاولات لتطوير أنظمة التغذية الراجعة باستخدام تقنية NIR، والوزن الالكتروني وتحليل الصور لضبط كل من المسافة الفصالة بين الاسطوانات وشدة الطحن وذلك بالاعتماد على نوعية المواد التيارات الوسطية داخل المطحنة.

التحكم في المادة الخام Raw Material

التحكم الفعال في تنظيف وترطيب المادة الخام يضمن نتائج مثالية في مرحلة الطحن. تساعد أنظمة التحكم الالكترونية الطحان ليراقب مخزون ومزج الاقماح بشكل دقيق، إما قبل نظام التنظيف أو بعد مرحلة الترطيب وتماما قبل الطحن. يتم الفحص العشوائي لمزيج القمح لتحديد دقة نسب مزيج الأقماح المختلفة يدوياً أو اوتوماتيكيا على الخط. اذا حدث تغير في كثافة القمح المتدفق الى أجهزة القياس أو تجهيزات الوزن نتيجة خصائص القمح أو نتيجة الانفصال في التدفق من الصوامع فيمكن اجراء تعديلات من قبل الطحان. نسبة الخلط الدقيقة يجب أن تعتمد على وزن الألف حبة وعلى وزن العينات الصغيرة.

قابلية تدفق القمح من صوامع التخزين الى أجهزة القياس هي العامل الرئيسي في انتظام نتائج المزيج. التدفق الكتلي للقمح من خلال مخرج الصومعة يمنع إنفصال المادة في الصومعة. متغيرات تصميم الصومعة مثل قطر المخرج (وزاوية ميل الصفائح في حال المخارج المربعة) وخطوة القمع بالاضافة لخواص المادة يمكن أن تسبب تدفق غير مرغوب (تدفق قمعي) حيث تخرج المواد الأثقل من الصومعة أولا. المواد الغريبة الموجودة في القمح يمكن أن تؤثر في تدفق القمح الجاري.

لرطوبة القمح تأثير هام على إنفصال المادة الغريبة، بشكل أساسي بسبب الاختلاف في الوزن النوعي وفي قابلية التدفق لمكونات القمح. يجب أن تحدد رطوبة مكونات الخليط المختلفة قبل وبعد الترطيب وتنفذ التعديلات الضرورية للتأكد من تجانس مزيج الطحن. يجب أن يكون الطحان قادرا على يحدد الرطوبة والقساوة للمركبات في مزيج القمح ويقوم بالتعديلات الضرورية في كمية الماء المضافة وطريقة الترطيب وزمنه. الاختلافات في قدرة امتصاص الماء بين الحبات تابعا لحجم الحبة, قساوتها, وأنواع القمح المراد طحنها مع بعضها البعض.

اختبار التدفقات المرحلية Testing of Intermediate Stocks

يجب على الطحان أن يأخذ قرارات حسية تتعلق بنوعية التدفقات المرحلية. لضمان توازن صحيح وكفاءة جيدة لعمل المطحنة يجب اختبار التدفقات المرحلية بشكل دوري. يمكن استنتاج كفاءة المطحنة من منحني الرماد وجدول التوزيع.

يتغير تركيب التيارات المختلفة في المطحنة اعتماداً على نوعية القمح المستخدم. لذلك تراقب التيارات المرحلية باستمرار بتحديد كميتها ونوعيتها وتحبحبها، وهذه المعلومات تستخدم من قبل الطحان للمعايرة. عدم الانتظام الذي يحدث في مزيج القمح يتطلب تغيير التدفقات المرحلية في المطحنة. من أجل تمييز هذه التغيرات يجب على الطحان أن يستخدم مناخل اختبار يدوية ويتفحص تيارات مختلفة (الشكل 1).

بشكل دوري يضع الطحان على الطاولة عينات من كل التدفقات في المطحنة ويقارن التدفقات المختلفة لمرحلة معينة في المطحنة مع عينات لهذه التدفقات لمزيج قمح مختلف ووضعيات مختلفة. يمكن مقارنة وتقييم تيارات نفس الآلة بسهولة وذلك بصقلها جانب بعضها البعض.

يصقل الطحان المواد المرحلية بالإضافة للدقيق في المطحنة بضغط العينات يدوياً على الصينية باستخدام مشحاف لفحص اللون والنعومة. هذا الإجراء يجب أن يتبع كل أسبوع وبشكل خاص بعد تغيير نوع القمح. يجب وضع غطاء على الطاولة لمنع تجمع الغبار خلال فترة جمع العينات. هذه التقنية لا تظهر اختلاف الكميات ولكنها تظهر إختلاف نوعية التدفقات المرحلية في المطحنة.

الشكل 1. منخل تجريبي.

من خلال جميع منتجات المطحنة يستطيع الطحان وضع قرار حول التغييرات الضرورية في المطحنة, النخل معايرة الدقاقات (منظفات السميد purifier)، ترطيب القمح، وآخر حل هو تحويل مسار التيارات لوجهة مختلفة. على سبيل المثال فإن العينات التي تؤخذ من المناخل تساعد في الحكم على مدى التغيير الذي يجب إجراءه على وضع الاسطوانات للحصول على أفضل فصل للمناخل (كمثال لتحسين فصل الجنين, أو إنتاج فرخة أنظف middlings أو لتحسين منتجات نهاية الطحن tailing stocks) ولتحديد أفضل وضعية للاسطوانات لهذا المزيج. تراقب المادة المتدفقة لاسطوانات التنعيم reduction rolls لضمان أن نسبة مقبولة من الدقيق غير المنخول يعاد للطحن. يمكن استخدام نوعية تدفقات المطحنة للمقارنة بين ورديات العمل في حال ظهور عدم انتظام خلال العمل.

مناخل الاختبار Test Sifters

مناخل الاختبار المستخدمة في المطاحن التجارية توفرها معظم شركات تصنيع معدات الطحن. تزود مناخل الاختبار بمؤقت زمني وبمناخل ذات أقطار مختلفة، وإطارات فاصلة

وأدوات تنظيف للمناخل وصواني سفلية. يعتبر الميزان الرقمي ملائماً لوزن المواد وذلك لحساب الوزن الصافي والنسبة المئوية. على الطحان تحديد احتياجات أقمشة المناخل من خلال مناخل المطحنة. للاستفادة العظمى من مناخل الاختبار فانه على الطحان استخدام فتحات أقمشة مشابهة للمستخدمة في المطحنة. مثال ذالك فأن مخطط المطحنة التجريبية في جامعة كنساس يحتاج إلى مناخل ذات فتحات مبينة في الجدول 1.

الجدول 1 المناخل المستخدمة في تدفق المطحنة

TMS[b]		LW[c]		GG[d]		Swiss Silk	
Number	Microns	Number	Microns	Number	Microns	Number	Microns
10 W	2030	18 W	1190	36 GG	568	8 XX	193
12 W	1678	20 W	1041	38 GG	546	9 XX	150
		22 W	977	40 GG	501	10 XX	136
		24 W	869	44 GG	467	11 XX	124
				50 GG	375	12 XX	107
				54 GG	351		
				56 GG	333		
				70 GG	240		

b شبك معدني صفحي Tinned mill screen

c شبك معدني خفيف Light wire screen

d قماش نخل خشن Grit gauze bolting cloth

تستخدم إطارات التنظيف للمناخل الأصغر من 70GG. يمكن استخدام نفس أدوات التنظيف المستخدمة في المناخل التجارية مثال ذلك شريط قطني, مكعبات بلاستيكية ذات حجم 8/5 انش أو كرات مطاطية وغيرها. إطارات التنظيف مزودة بنسيج سلكي قياسي ذو مقاييس 2.5 فتحة بالانش. بمساعدة هذه التجهيزات لمناخل الاختبار من الممكن الحصول على نتائج مشابهة للمطحنة تجارية.

بمساعدة مناخل الاختبار يمكن تحديد احتياج مناخل المطحنة للصيانة. كما أنه يمكن اكتشاف النخل غير الكامل من خلال استخدام أقمشة مناسبة لتلك النقطة في المخطط. الكمية الزائدة فوق المنخل تشير إلى حاجة لصيانة مناخل المطحنة. يكتشف وجود تسريبات أو ثقوب في أقمشة مناخل المطحنة التجارية باستخدام أقمشة مناخل اختبار مشابهة لتلك التي في المطحنة. فحص الكمية المتبقية فوق المناخل سوف يدل على المشكلة.

الأخطاء في قياس أقمشة مناخل المطحنة التجارية تحدد من خلال فحص المادة الخام بمناخل الاختبار ذات مقاييس متوافقة لمخطط المطحنة. مقارنة نتائج المناخل التجريبية ومناخل المطحنة التجارية يبين وجود أي خطأ في مقاييس أقمشة المناخل. يمكن تحديد تغير منحني التحبحب للمطحنة لمزيج من الأقماح باستخدام مناخل الاختبار. القرارات المتعلقة بتغيير مخطط تدفق المطحنة أو تغيير مقاييس قماش المناخل يمكن التأكد منها عن طريق مطابقة التغييرات مع مناخل الاختبار.

تعتبر مناخل الاختبار جهاز ممتاز للتدريب. يمكن القيام بالتصنيف وقياسه وتحديده. يمكن توضيح مخططات جريان المطحنة وقياسها.

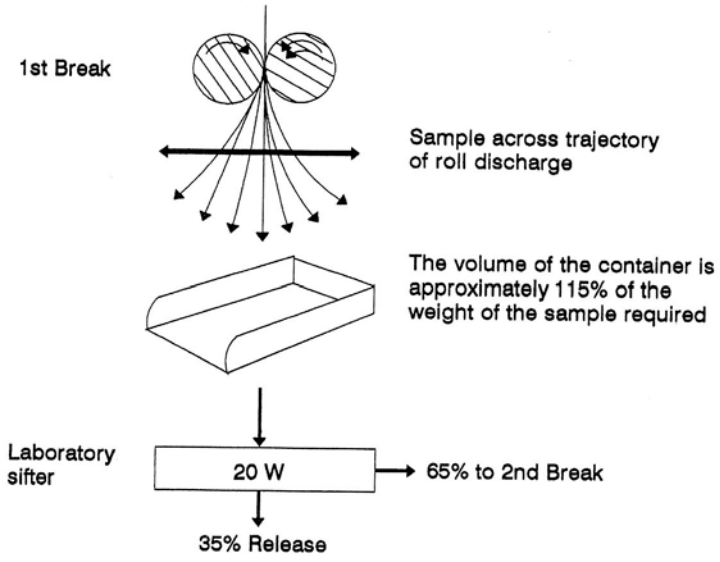
ضبط نسب التنعيم في المطحنة Break Release Adjustment in the Mill

نسبة التنعيم هي مقدار المادة المطحونة التي يحصل عليها والتي تتألف غالباً من السميد الناعم Sizing والفرخة middlings والدقيق ونخالة ناعمة fine bran مقدرة كنسبة مئوية من المادة الأساسية المختبرة والمارة من خلال فتحة منخل محددة (الشكل 2). ضبط نسب تنعيم المطحنة يؤثر على عمل المطحن بشكل كامل وعلى توازن المطحنة.

يتم حساب نسبة التنعيم باستخدام المعادلة التالية

$$\text{Break release, \%} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \text{x100}$$

حيث W_1 الوزن الكلي للمادة (أو القمح في حالة الكسرة الأولى) الداخل لمرحلة الكسرة، W_2 الوزن الكلي للمتبقي فوق المنخل 20W في نظام الكسرات بعد عملية النخل. بتعبير آخر نسبة التنعيم هي نسبة المادة المارة من منخل 20W. على سبيل المثال، تضبط اسطوانات الكسرات في المطحنة من خلال نخل عينات ذات وزن 100 غرام لمدة 20 ثانية باستخدام منخل معدني قياس 20 (ذو فتحة 910 ميكروميتر) على أن تكون نسب التنعيم على الشكل التالي: الكسرة لأولى 30%, الكسرة الثانية 40% والكسرة الثالثة الخشنة 30%. والكسرة الثالثة الناعمة 45% والكسرة الرابعة الخشنة 20% والكسرة الرابعة الناعمة 30% والكسرة الخامسة 30% تنخل باستخدام منخل معدني قياس 24 (730 ميكروميتر).



الشكل 2. توضيح نسبة التنعيم.

عملية النخل التجريبية هامة في تحديد نسب جرش أو تنعيم اسطوانات المطحنة. تعتبر عملية أخذ عينة لتحليل النخل تحد يتطلب بعض الخبرة. تؤخذ العينات النموذجية من أسفل اسطوانات الطحن بطريقة يمكن بها الحصول على عينات حقيقية بشكل متكرر. يجب أخذ العينة من تيار المادة المطحونة من أسفل جانبي الأسطوانات. بعد ذلك، يتم ضبط نسبة التنعيم لكل جانب حتى يتساوى لكلا الجانبين. أخذ جزء صغير من العينات يمكن أن يسبب تغيرات وانفصال لاجزاء العينة. ينصح بأخذ عينات وزنها 100–150 غرام ووضعها على المناخل التجريبية. وزن العينات يجب أن يتم بطريقة لا تؤدي إلى فصل العينة حسب الحجم. الوزن الدقيق للعينات هام كذلك الوزن الدقيق للمكونات المفصولة بعد النخل. بعض الطحانين يستخدمون أوعية ذات تصاميم خاصة ومزودة بغطاء لأخذ حجم محدد من المادة من أسفل الاسطوانات. تستخدم أوعية ذات أحجام مختلفة لمواد مختلفة. يسجل الوزن الإجمالي للعينة ويستخدم في حساب نسبة التنعيم.

يتم تحديد نسبة التنعيم بشكل روتيني في المطاحن. يتم تحديد نسب التنعيم مرة كل وردية وبعد تغيير مزيج القمح. في التطويرات الجديدة، عدلت مناخل الاختبار بحيث أصبح مباشر على الخط وبعملية فصل مستمرة للمادة المطحونة لمتبق فوق المنخل ومار منه ووزن هذه

العينات وتستخدم نسب التنعيم لتعديل المسافة بين الاسطوانات. وهناك طريقة أخرى، يحدد وزن المواد الخارجة من أحد منافذ المناخل باستمرار من خلال ميزان يرسل معلومات إلى جهاز التحكم بالبعد الفاصل بين اسطوانات الطحن.

تختلف إجراءات اختبار النخل لمراحل الكسرات وللمواد الأخرى بين المطاحن. بشكل عام، كلما زادت المواد المختبرة وعدلت الاسطوانات اعتمادا على النتائج كلما زادت فعالية عمل المطحنة.

يمكن استخدام الاجراء التالي من قبل الطاحن لتحديد أفضل نسبة تنعيم، والتي من خلالها يجب معايرة آلات الطحن كل وردية. يجب تفحص نسبة رماد المادة المارة في عملية النخل لكل مرحلة من مراحل الكسرات بشكل دوري وخاصة بعد تغيير مزيج القمح المطحون. الرماد التكاملي للمواد المارة في عملية النخل لمراحل الكسرات مؤشر جيد للتغييرات عن الوضع المثالي. يبين الجدول 2 مثال النسبة المئوية لمجموع نسب التنعيم ومجموع الرماد لوضعيتين. يجب تفضيل الوضعية الأولى بالنسبة للمثال المبين. على الرغم أن مجموع نسب التنعيم متقارب جدا ولكن كمية الرماد الكلي هو أفضل بشكل مميز في الوضعية الأولى. تقسيم نسبة التنعيم الكلي على قيم الرماد الكلي يعطي رقم أكبر، مشيرا إلى ضبط أفضل لآلة الطحن.

بشكل عام، للحصول على استخراج دقيق 78% في المطحنة، يجب أن يتراوح مجموع نسب تنعيم مراحل الكسرات بين 81–82%. وفقا لذلك، يختار الطحان مناخل معايرة نسب التنعيم في المنخل المخبري مشابهة لمناخل الكسرات في المطحنة.

الجدول 2 نسب التنعيم التكاملي والرماد التاملي

	الوضعية الأولى		الوضعية الثانية	
	نسبة الاستخراج % b	الرماد %	نسبة الاستخراج % b	الرماد %
الكسرة الأولى	18.3	0.67	27.5	0.76
الكسرة الثانية	39.4	0.56	30.0	0.58
الكسرة الثالثة	17.8	1.45	18.1	1.65
المجموع	75.5	0.79	75.6	0.89

b نسبة الاستخراج على أساس حمل الكسرة الأولى.

يعطي الجدول 3 القيم النموذجية لنسبة التنعيم المطلوبة المستخدمة تجاريا في كل مرحلة من مراحل الكسرات.

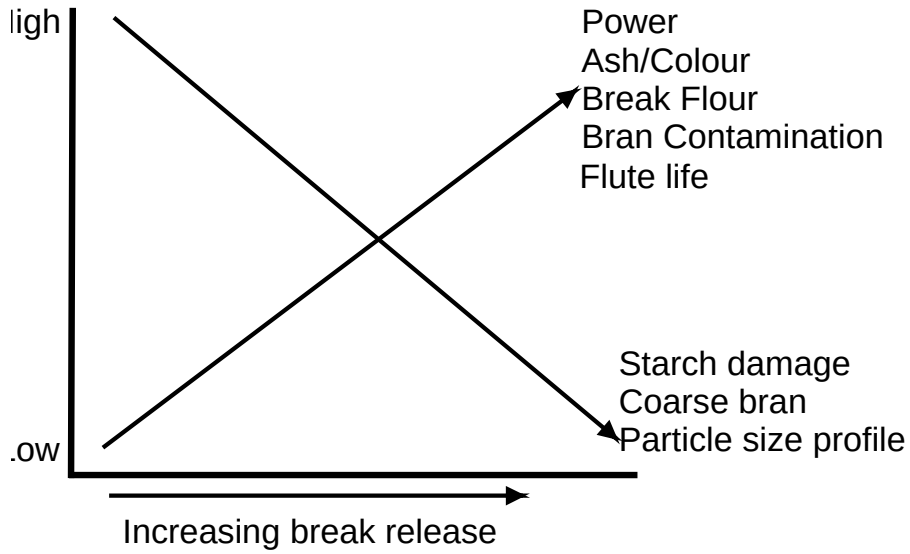
الجدول (3) القيم النموذجية لنسبة التنعيم المطلوبة المستخدمة تجاريا

مجال درجة التنعيم المطلوبة	مرحلة الكسرة
45–35	1
60–50	2
40–30	3
30–20	4

أهمية درجة التنعيم

- لتقييم عمل آلات الطحن الاسطوانية خلال فترة معينة .
- لمراقبة إهتراء أسنان الاسطوانات.
- للتحكم بتوازن المطحنة.
- لتأمين معايرة يمكن تكرارها لنوع قمح محدد وذلك للوصول بأداء المطحنة إلى الأداء الأمثل.
- للتحكم بانتاج السميد والفرخة والدقيق من حبة القمح الكاملة و/أو جزيئات النخالة خلال المراحل الأولى من عملية الطحن.
- من أجل الوصول إلى الفعالية المثلى لكل الآلات في المطحنة يجب استعمال كل أقسام المطحنة بشكل كامل واستقبال الكميات الصحيحة من المواد التي صممت لاستقبالها. الكمية مهمة كأهمية نوع المادة, جودتها وحجم الحبيبات.

يبين الشكل 3 أهم تأثيرات نسبة التنعيم.



الشكل 3 أهم تأثيرات نسبة التنعيم

قراءة الميزان والحسابات Scale Readout and Calculation

نسبة الاستخراج هي كمية الدقيق الناتجة عن كمية محددة من القمح. يوجد طرق عديدة لحساب نسبة الاستخراج وكمية المنتجات النهائية والمخزون في المطحنة. الموازين وأجهزة التحكم بالتدفق والأجهزة الأخرى التي يتم التحكم بها الكترونيا تقوم باستمرار بتطوير كفاءة المطحنة والاستطاعة والمخزون. يمكن معرفة معدل نسبة الاستخراج اللحظية للمطحنة بواسطة موازين على التيارات. يمكن إنجاز قياس الوزن بواسطة خلايا وزن ترسل إشارة إلى نظام التحكم. على الرغم من توفر موازين عديدة ذات استطاعة كبيرة على خطوط المواد الأولية والمنتجات في المطحنة فإن هذه الموازين ذات نظام متقطع وتؤمن تصحيحات الوزن الفارغ. بعض مصادر المعلومات في المطحنة هي: وزن القمح المشترى مع شوائبه, أوزان من موازين عديدة (القمح مع شوائبه, القمح مع شوائبه في قسم التنظيف، القمح المنظف الجاف, القمح المرطب, المنتجات النهائية للطحن), ووزن منتجات المطحنة المباعة.

الطريقة الصحيحة الوحيدة في الولايات المتحدة لتحديد نسبة استرجاع المطحنة هي باستعمال وزن القمح المشترى مطروحا منه الشوائب أو وزن القمح الواصل إلى قسم التنظيف في

المطحنة في أماكن أخرى. في التحليل النهائي، الوزن الوحيد الذي يمكن استخدامه في حسابات نسبة الاستخراج الصحيحة هو وزن الدقيق المباع فعليا للمستهلك. في كثير من الحالات هذا الوزن يعتبر مختلفا عن الأوزان المقاسة في المطحنة، ولكن للحصول على العلاقة الحقيقية بين نسبة الاستخراج وتكلفة الإنتاج, يجب استعمال هذا الوزن كنسبة مئوية من وزن القمح المشترى مطروحا منه الشوائب. يمكن تسمية الموازين التي تعطي هذه المعلومات بموازين تحديد الإنتاج من أجل التقييم الكلي .

يتم وضع موازين التحكم بالعملية في مراحل مختلفة من أجل تقييم تقني متواصل لأداء المطحنة. وهذا يسمح للطحان بقياس الاستخراج واختناقات النظام وتحديد الانحرافات في العملية.

يمكن تبيان الاختفاء أو انخفاض الوزن في قسم التنظيف خلال عملية التخزين من معلومات المقياس أو الميزان. فيما يلي بعض الفواقد في عملية الطحن: فواقد الغبار, تعارضات صوامع الدقيق، فواقد التنظيف، فواقد بسبب الإصابات، فواقد الرطوبة في القمح والمنتجات، تعبئة وزن زائد والتي لا يمكن التحكم بها بشكل كامل من قبل الطحان. أحد أهداف الطحان استخدام قياسات مناسبة ومعايرات للتحكم بهذه الفواقد.

جدول التوزيع The Distribution Table

يوضح جدول التوزيع كمية المنتجات المرحلية والنهائية في المطحنة. ينظم هذا الجدول باستخدام مخطط الطحن والمعلومات الناتجة عن وزن كل تيارات المطحنة. للحصول على تحليل دقيق يجب استخدام نفس الاجراء المتبع في وزن التيارات.

يجب أن يبدأ أخذ العينات من نهاية عملية الطحن وأن يؤخذ من أسفل كل وحدة نخل باستخدام نظام خاص أو عن طريق نزع عينات من الوصلة السفلية. يقوم مجموعة من العمال بتحويل كل عينات قسم النخل إلى أكياس الجمع بنفس التوقيت. بسبب الاختلافات الكبيرة في كميات التيارات تجمع هذه التيارات لأزمنة مختلفة. تصحح كل أوزان التيارات إلى نفس طول الفترة الزمنية عندما تدخل إلى جدول التوزيع. يبين الشكل 4 مثالا عن جدول التوزيع. تسلسل مراحل عملية الطحن هي نفسها الموجودة في السطر الأول والعمود اليساري. يدل العمود

اليساري على مراحل عملية الطحن التي تنشأ المواد منها، ويدل السطر العلوي على مراحل عملية الطحن التي تتدفق إليها تيارات المواد المختلفة. مجموع كل عمود يدل على كمية التدفقات الموجهة إلى مرحلة طحن محددة (بالرطل / ساعة). مجموع كل سطر يدل على كمية التدفقات المتوجهة من مرحلة معينة من مراحل الطحن أو آلة أو قسم من المنخل.

TABULATION OF FLOW RATES AND DISTRIBUTION OF ALL MILL STREAMS DURING TEST 3

From	P 3k	2 3k	F-1	3 3k	1,2,3 Red	F-2	F-3	F-4	C Six	F-5	F Six	1M	F-6	2M	2G	4 3k	F-7	3M	1T	4M	Sup	5 3k	5M	3k SD Sift.	6M	Flour	3D	SD	Feed	Load From	Load To	2 min Load (calc)
F-3k	1079		6		6																					2.0			1073		1089
1 3k		723	219		93																					31.5			1069	1073	1079
2 3k			144	429	96																					36.1			703	725	732
F-1				33					257		77											0.1							367	369	---
3Bk					40			93								252										37.4			436	462	496
1,2,3Bk Red						96	88							37												9.5			231	233	224
F-2									5		38	56																	96	96	---
F-3												71		12	Tr.				Tr.										83	86	---
F-4									0		72	0			36				13										99	95	---
C Six										215		7							10							19.3			248	257	231
F-5											63	116		0	16				6										201	215	---
F-Six												66	129						12							35.3			244	250	262
1M													23	137					.3							163			307	316	312
F-6													122	26					3.										152	156	---
2M																	20	136	.2							153.7			305	309	310
2G																	42	6	9							3.6			61	56	58
4 3k																	23			12		228				14.1			279	263	299
F-7																		78	36			3							117	87	---
3M																			4	36						110.4			170	218	172
1T																				26			32			5.9		37	101	9	102
4M																						Tr.	41			68.7			110	94	126
Sup.																						3	5			5.4			14	--	17
5 3k																							7			15.0	174	36	232	236	230
5M																									11	34.2		12	49	85	79
3k SD Sift.																									10	21.3		37	48	---	54
6M																										10.0		12	22	21	42
	1079	723	369	462	235	96	88	93	257	215	250	316	134	309	56	263	87	218	94	94		234	85		21	368	174	48	66			

الشكل 4. مثال عن جدول التوزيع. كل الأوزان في الجدول مقدرة بالرطل/الساعة.

يمكن استخدام جدول التوزيع الكامل من قبل الطحان بعدة طرق. فهو يدل على أي عودة للمواد في التدفق أي التيار أو الجزء من التيار الذي يتدفق عائدا إلى مرحلة سابقة من مراحل العملية. وهذا يظهر في جدول التوزيع على شكل أوزان موجودة على يمين الخط القطري للجدول. ما يهم الطحان هو أن تنتقل كل تدفقات المواد المرحلية إلى مؤخرة الطحن والحصول على دقيق جيد النوعية بالسرعة الممكنة في نظام الطحن. إن وجود عودة للمواد في النظام هو مؤشر لانخفاض فعالية استخدام الآلة. يمكن للطحان أيضا بواسطة جدول التوزيع تقييم الكميات الحقيقية لكل التدفقات المرحلية ومقارنتها مع كميات التصميم الأصلية للآلة. يمكن تحديد السطح النوعي لاسطوانات الطحن ومساحة المنخل وعرض منظفات السميد. إذا لوحظ أي انحراف عن القيم المثالية يمكن أخذ إجراءات لتصحيح المشكلة. ما يهم الطحان هو

استمرار عمل المطحنة بشكل متوازن واستخدام كل آلة بأقصى إمكانية. إدخال كميات متناسقة من المادة إلى مختلف الآلات يساعد على ضمان نتائج ذات نوعية موحدة. من جدول التوزيع يمكن للطحان تحديد الكميات التي يحملها النظام الهوائي والقيام بتعديلات أدق للهواء.

منحني التحبحب Granulation Curve

يعبر منحني التحبحب (الشكل 5) عن تحطم حبة القمح في المراحل المختلفة من عملية الطحن. يرسم على مخطط يبين المحور الأفقي أبعاد ثقوب المناخل المختلفة مقدرة بالميكرون والمحور العمودي يبين النسبة المئوية للمجموع التراكمي المتبقية فوق مناخل محددة. منحني التحبحب هو توزع حجم الحبيبات للمادة المطحونة. يمكن للطحان عن طريق رسم منحني التحبحب مراقبة التغيرات في تحطم الحبات والقيام بالتعديلات اللازمة على النظام. المعلومات اللازمة لإنشاء منحني التحبحب يمكن أن تأخذ من المعلومات المجموعة لجدول التوزيع أو يمكن أن تحسب من عملية نخل مخبرية. عند استخدام الطريقة الأخيرة، ينخل الطحان عينات من أسفل اسطوانة الطحن بمجموعة من المناخل ثم يحسب نسب الكميات المتبقية فوق كل منخل وفي الصينية.

إذا تم استخدام مجموعات مختلفة من المناخل لفصل نفس العينات ستحدد نقط مختلفة على المخطط. وفي كل الأحوال ستقع النقاط على نفس المنحني. لا يعتمد شكل ومسار المنحني على فتحات المنخل بل على توزع تحبحب العينة. يرسم الطحان منحني التحبحب للمطحنة لكل خليط قمح عندما يكون أداء المطحنة في وضعه المثالي. يستخدم هذا المنحني كمرجع فيما بعد أو كأساس لدراسات التحسين. أي تغيرات بسيطة في اعدادات الاسطوانات وتآكلها أو إعادة تسنين الاسطوانات يمكن لأن يؤثر على منحني التحبحب. تغيير نسبة التنعيم بسبب استخدام قمح ذو بنية أكثر أو أقل قساوة يمكن أن يحدد بواسطة منحني التحبحب، ويمكن تجنب زيادة أو نقصان حمل النظام والآلات عن طريق تغيير ضبط الكسرات. يؤثر فقدان المطحنة توازنها على كل من نسبة الاستخراج والاستطاعة والطاقة المستهلكة ونوعية الدقيق. مثلا إذا تغير المنحني وهبط بزاوية حادة عند نقطة البداية فهذا يعني زيادة في إنتاج الدقيق من الكسرات ويمكن أن يكون مؤشرا عن اهتراء الاسطوانات.

باستخدام منحني التحبحب يمكن تحديد فعالية ترتيب جريان المناخل. إن المنخل المصمم بشكل رديء لآلة طحن معينة أو لقمح معين سوف يؤدي إلى تجمع حبيبات ذات حجم أصغر من فتحات قماش المنخل والتي يجب أن تمر خلال هذه الفتحات. وهذا يمكن التأكد منه من خلال تحديد توزع التحبحب بواسطة منخل تجريبي. يدل التغير الكبير في المنحني إلى عجز في منخل المطحنة.

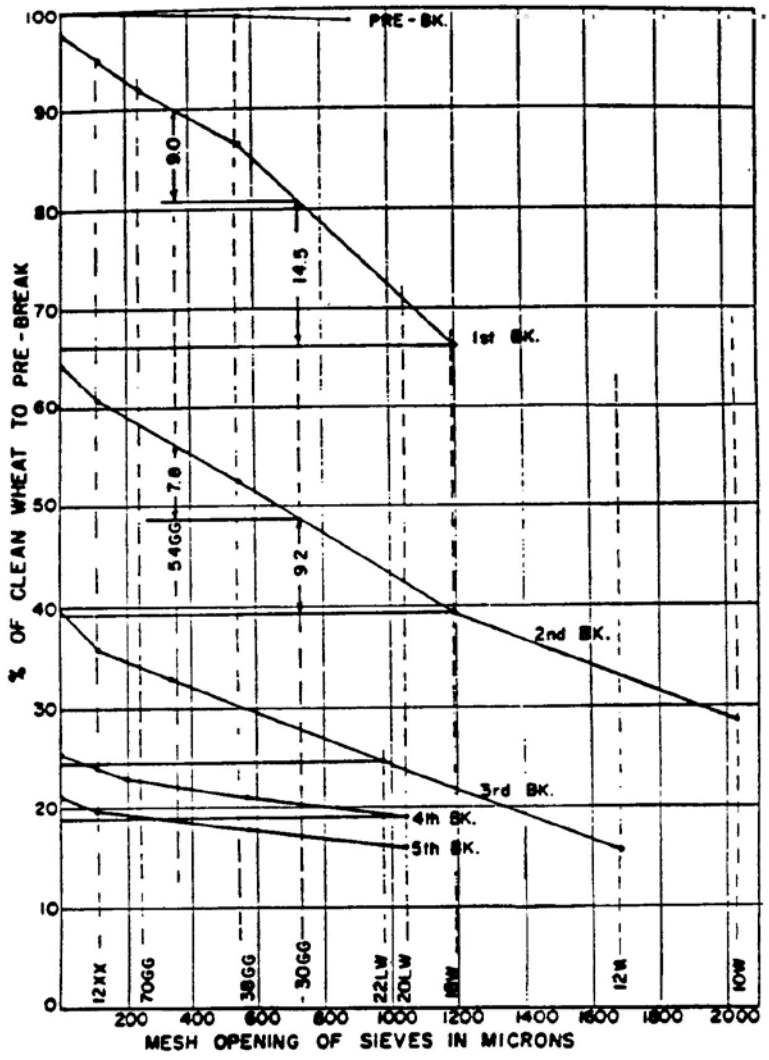


Fig. 6-23. Granulation curves of a flour mill breaking process. XX = Swiss silk, GG = grits gauze, LW = light wire, W = wire, BK = break.

الشكل (5) منحني تحبب لعملية كسرات نموذجي.

إن تحليل منحني التحبب يعطي المعلومات التالية: 1) حالة أسنان الاسطوانات. 2) توازن المطحنة عند طحن أقماح طرية وقاسية. 3) ضبط الاسطوانات. 4) مساحة النخل, قطر فتحاته, التقسيم, الفعالية.

الرماد في الدقيق ومنحني الرماد التراكمي Ash in the Flour Mill and Cumulative Ash Curve

الرماد هو المتبقي من عملية حرق المادة تحت شروط تؤدي إلى تدمير كل المادة العضوية. إن لتحديد الرماد أهمية كبيرة للطحان لأنه دليل دقيق على درجة فصل الاندوسبرم عن القشرة الخارجية والجنين لأي دقيق. يمكن أن يتراوح المحتوى الطبيعي لحبة القمح من المعادن بين 1.1– 2.18%. النخالة والتي تشكل حوالي 14–15% من الوزن الكلي لحبة القمح ذات محتوى رماد بين 6–7%. الاندوسبرم النشوي الصافي ذو نسبة رماد 0.35% تقريبا. متوسط نسبة الرماد في النخالة في قمح قاسي أحمر شتوي أو ربيعي عالي البروتين حوالي 6.0% بينما تكون في الاندوسبرم الصافي حوالي 0.3%. الجدول 4 هو مثال عن تحليل المعادن في القمح ومنتجات الطحن.

الجدول 4 متوسط محتوى المعادن (%) في القمح ومنتجات المطحنة

	الرمادالكلي	مغنيزيوم	كالسيوم	فوسفور	بوتاسيوم
قمح	2.05	0.19	0.04	0.44	0.24
قمح قياسي Patent flour	0.48	0.03	0.02	0.12	0.06
دقيق نظيف Clear Flour	0.80	0.06	0.02	0.19	0.09
نخالة قمح	6.75	0.72	0.12	1.52	0.71
Wheat midds	4.76	0.45	0.11	1.04	0.56
جنين قمح	5.04	0.38	0.07	1.25	0.55

بالإضافة إلى المعادن المذكورة أعلاه يحتوي القمح ومنتجاته على آثار من الحديد, المنغنيز, النحاس والتوتياء والألمنيوم وعادة يعبر عنها تحليليا بـ ppm أي جزء بالمليون. وبعكس الاعتقاد السائد فإن اختبار الرماد يتطلب مهارة يدوية عالية في الوزن, والخطأ التجريبي المسموح به ±0.01% لدقيق النوع الأول Patent flour ودقيق الدرجة الثانية First clear. في دقيق الدرجة الثالثة Second clear ودقيق الحبة الكاملة الخطأ التجريبي المسموح به

±0.04%. بسبب الفرق الكبير في محتوى الرماد بين غلاف البذرة والاندوسبرم في حبوب القمح يعد تحديد الرماد في الدقيق ذو أهمية كبيرة للطحان وليس للمستهلك. قيمة الرماد في الدقيق هي دليل الطحان لأداء المطحنة. الخباز الذي يحاول تقييم نوعية الدقيق من خلال محتوى الرماد يدفع ثمنا غاليا للخداع. عند طلب دقيق ذو نسبة رماد منخفضة فقط، قد يحصل الخباز على دقيق ذو نوعية خبيز متدنية من الدقيق ذو رماد أعلى. على سبيل المثال، إضافة كربونات الكالسيوم إلزامي في بريطانيا، يصبح تحديد نسبة الرماد دون فائدة بعد هذه الاضافة.

لعل أفضل طريقة لقياس فعالية الطحن من وجهة النظر التكنولوجية هي منحني الرماد التراكمي. يمكن رسم هذا المنحني من معرفة تدفق, النسبة المئوية للرماد، نسبة الرطوبة لكل التيارات المرحلية في المطحنة. تحول النسبة المئوية للرماد إلى أساس الوزن الجاف أو 14% رطوبة. ترتب التيارات المرحلية للمطحنة حسب محتوى الرماد تصاعديا. ابتدءا بتياري الدقيق الأقل رمادا يحدد محتوى الرماد الناتج عن خلط التيارين. ثم يحسب رماد الخليط المؤلف من التيار الأول والثاني مضافا إليها دقيق ثالث أعلى بمحتوى الرماد. الشكل 6 يبين حسابات منحني الرماد التكاملي. يمكن استخدام برنامج الاكسل من أجل سرعة حسابات منحني الرماد. الشكل 7 يبين منحنيات رماد تكاملية. يمكن رسم أكثر من منحني رماد على نفس المخطط لمقارنة أداء المطحنة. يمكن أن يساعد تحديد الرماد في الحصول على درجة تنعيم مثلى وضبط للاسطوانات. مثلا: فإن منحني الرماد يمكن أن يبين إن المطحنة تعمل برماد منخفض لكل تيارات الدقيق ولكن تعطي دقيقا بنسبة رماد مرتفعة أكثر عند نسبة استخراج قليلة.

لا يمكن استخدام محتوى الرماد منفردا في تدريج الدقيق، فالرماد المنخفض عند نسبة استخراج منخفضة يمكن أن يكون مضللا في تقييم نتائج الطحن. يبين منحني الرماد التكاملي الكمية المرتبطة بمستوى رماد معين. ترتبط نسبة الرماد في الدقيق بنسبته في اندوسبرم الحبة. تختلف الاقماح وراثيا بنسبة الرماد في الاندوسبرم والذي يعتمد على صنف القمح وظروف النمو. القمح ذو نسبة مرتفعة من الرماد في الاندوسبرم ينتج دقيقا ذو نسبة رماد أعلى عند نسبة استخراج محددة في حال تثبيت كل المتحولات الأخرى. العلاقة بين نسبة محتوى الرماد في القمح الى محتوى الرماد في الدقيق مع نسبة الاستخراج هي علاقة خطية تقريبا (الشكل 8).

CUMULATIVE ASH

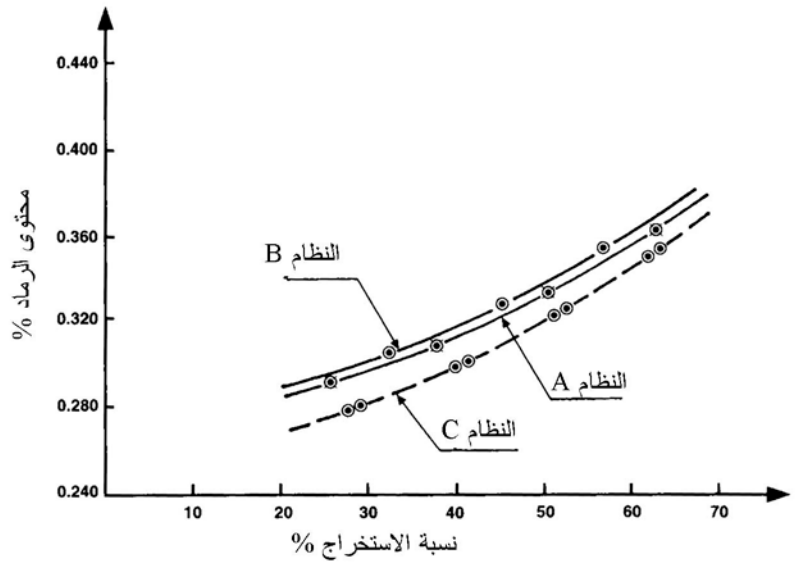
Exp. No. _____
Wheat Lot _____

A=Ash
Q=Quantity
S=Sum

_____ Mill Date _____

Flour Stream	Stream Weight i.e. gram/ 5 min.	Q % of total product	S of Q cumulative % of total products	A % Ash 14% M.B.	Q x A % of Total product X % Ash	S of Q x A Cumulative Q x A	S of Q x A / S of Q Cumulative % of Ash

الشكل 6 جدول يبين حسابات منحني الرماد التكاملي.



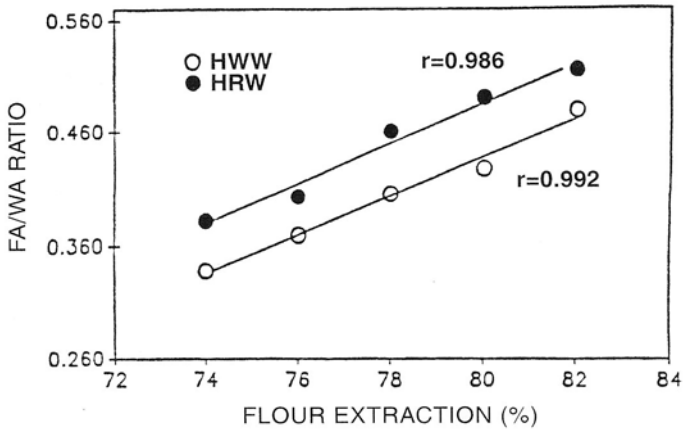
الشكل 7 منحنيات رماد تكاملية لأنظمة طحن مختلفة.

عمليا، من المستحيل إنتاج دقيق خالٍ تماماً من النخالة باستخدام الطحن الجاف. يهدف الطحن الجيد إلى الوصول إلى هذا الهدف قدر الإمكان مع أخذ بعين الاعتبار الأمور الاقتصادية والاعتبارات الأخرى. يمكن التعبير عن العلاقة بين الاندوسبرم وتلوثه بالنخالة باستخدام علاقة بسيطة. إذا كانت نسبة الرماد في تيار طحن أو دقيق أحد تيارات المطحنة

أكبر من 0.3% يمكن أن نستنتج أنه ملوث بمسحوق النخالة. يمكن حساب النسبة المئوية لمسحوق النخالة في عينة عن طريق استخدام المعادلة التالية:

$$\%\text{Bran powder} = \frac{\%\text{ash in sample} - 0.30}{0.057}$$

وهكذا إذا كان نسبة الرماد في عينة ما 0.93% فإن تلوثه بالنخالة هو 11%. إذا كان محتوى الرماد 0.3% فإن محتوى النخالة فيه 0% أي أنه اندوسبرم نقي. وبطريقة مماثلة إذا كان محتوى الرماد 6.00% فإن محتوى النخالة هو 100 % أي أنه نخالة نقية. دقيق النوع الأول patent flour ذو نسبة رماد 0.4% ملوث بما يقارب 1.8% من مسحوق النخالة، والدقيق الكلي straight grade ذو محتوى رماد 0.48% يحتوي على 3% مسحوق نخالة.



الشكل 8 العلاقة بين نسبة رماد الدقيق إلى رماد القمح مع نسبة الاستخراج.

المراجع

الرعاد، سليمان، أبحاث ودراسات في تكنولوجية طحن الحبوب، مجموعة رقم 2، مديرية المطاحن، 1965.

ألفين ، فرحان، 2013، تقانة طحن الحبوب، القسم النظري، منشورات جامعة البعث، قسم الهندسة الغذائية.

Posner, E. S. and Hibbs, A. N., 2005, Wheat Flour Milling, 2nd Ed., AACC.