مقدمة

تزايد إنتاج القطر العربي السوري للقمح خلال العقد الأخير من الألفية الثانية، حيث كان إنتاج القمح لا يكفي للاستهلاك المحلي ولكن باهتمام الدولة واعتباره منتج استراتيجي أصبح هناك فائض من إنتاج سورية للقمح. من أهم منتجات القمح الدقيق الذي يعتبر أساس الحياة والمادة الغذائية الهامة لحياة الإنسان لذلك فهو يحظى باهتمام كبير من قبل الباحثين والدارسين في جميع مراحل إنتاجه وتصنيعه.

تقسم العوامل التي تؤثر على نقاوة الدقيق المنتج (نسبة الرماد) إلى مجموعتين الأولى مواصفات القمح المنتج منه والثانية متغيرات تقانة إنتاج الدقيق. من أهم متغيرات تقانة الإنتاج عمر وكفاءة الأجهزة وتصميم المطحنة وصيانة الأجهزة وحالة الأسنان كل هذه العوامل يجب أن يأخذها الطحان بعين الاعتبار من أجل الحصول على طحن جيد وتقليل تلوث الدقيق بالنخالة.

إن تحديد نسب التنعيم أهم أسلوب يمكن أن يتبعه الطحان لانتاج دقيق ذو مواصفات جيدة وثابتة حيث تعبر نسب التنعيم عن كمية العمل المنفذة في اسطوانات آلة الطحن ومن خلالها يتم التأكد من الحصول على كفاءة كاملة. من خلال مراقبة نسب التنعيم تتم مراقبة توزع كميات مناسبة من تيارات المطحنة والحفاظ على نسبها. يسبب الخلل في نسب هذه التيارات انخفاض نسبة الاسترجاع وانخفاض نوعية الدقيق وزيادة تكاليف الطحن وانخفاض استطاعة المطحنة.

يستخدم تحديد نسب التنعيم لتحديد كفاءة اسطوانات آلة الطحن خلال فترة زمنية ومراقبة تآكل أسنان اسطوانات آلة الطحن والتحكم بنسب تيارات المطحنة وهي علامة تمكن من تكرار نفس نسب التيارات من أجل نوع من الحبوب مما يزيد من كفاءة المطحنة

والتحكم بنسب السميد والفرخة والدقيق من القمح أو جزيئات النخالة خلال المراحل الأولى للطحن.

حيث يمكن لمعطيات نسب التنعيم أن توفر فرص كبيرة لتحسين عملية الطحن، يجب التأكد من أن التغيرات في قياس نسب التنعيم ليست نتيجة اختلافات في مهارة المجرب أو نتيجة الطريقة أو نتيجة التجهيزات والبيئة وينبغي أن يعكس الاختبار اختلافات جودة القمح أو خصائص اسطوانات المطحنة، على سبيل المثال: تآكل أسنان يولد جزيئات مسطحة يصعب تنقيتها ويمكن أن تشير تغيرات نسب التنعيم إلى مشاكل في عملية المزج والترطيب.

يجب عدم الاستهانة بأهمية نسب التنعيم فهي أداة الطحان لضبط والتحكم في عملية الطحن حيث تشكل نسب التنعيم علامات لمقارنتها عند تحليل أداء المطحنة وخاصة عند طحن نوع جديد من القمح كما يمكن أن تستخدم لمراقبة تآكل أسنان الاسطوانات.

ونتيجة لما ذكر سابقا كان هدف مشروعنا هو قياس تأثير أهم متغير في المطحنة الاسطوانية وهو المسافة بين الاسطوانات على توزع حجم حبيبات المادة المنتجة من نظام الكسرات ونسبة التنعيم في عملية طحن الدقيق.

القسم النظري

الفصل الأول

تقانة إنتاج الطحين

التركيب التشريحي لحبة القمح anatomic structure of wheat

يتدرج لون حبة أصناف القمح بين الأحمر والأبيض. ويتراوح طول حبة القمح بين 4-8 مم وعرضها 0.4-1.5 مم. تحتوي حبة القمح على ثلم طولي crease يقسم حبة القمح إلى قسمين. يسبب هذا الثلم صعوبة في فصل الاندوسبرم عن الغلاف أثناء عملية الطحن كما يشكل مكان تجمع الأحياء الدقيقة والغبار.

في أحد الطرفين الطوليين يوجد الجنين (الرشيم) embryo or germ وفي الطرف الآخر يوجد شعيرات طولها 0.5-1 مم تدعى الزغب beard .

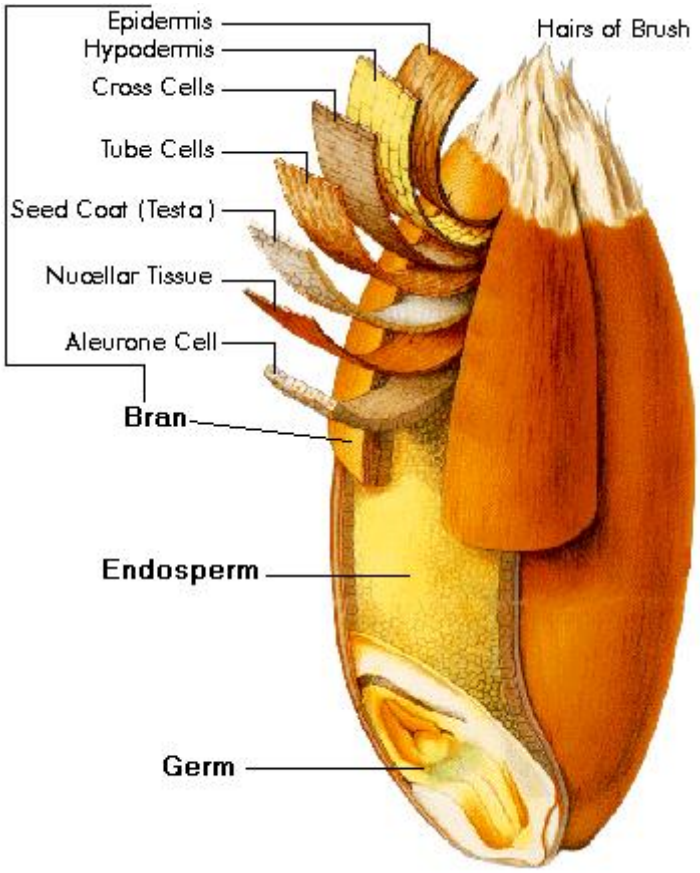
تتكون حبة القمح من الأجزاء التالية: (الشكل 1)

غطاء الحبة pericarp يقوم بحماية الحبة من الوسط الخارجي ويشكل 5% من وزن الحبة ويتشكل من 6 % بروتين و 2 % رماد و 20 % سيلليلوز و 0.5 % دهون وما تبقى بنتوزات.

غطاء البذرة وطبقة الخلايا الصمغية testa تحتوي على المواد الصبغية pigment التي تعطي لحبة القمح لونها الخارجي.

طبقة الأليرون تكون نحو 7% من وزن الحبة. تتشكل طبقة الأليرون من 20 % دهن و 20 % رماد و 20 % بروتين و 10 % سكريات على أساس المادة الجافة. طبقة الأليرون غنية بالرماد والبروتين والفوسفور الكلي وفيتيك الفوسفور والدهون والنياسين

بالإضافة إلى ذلك فإن طبقة الأليرون تتميز عن باقي طبقات الغلاف باحتوائها المرتفع للتيامين والريبوفلافين .



الشكل (1) حبة القمح

تتركب خلايا الاندوسبرم من النشاء والبروتين، يكون النشاء على شكل حبيبات عدسية أو كروية متراصة وملتصقة مع بعضها بشدة يملأ البروتين المسافات ما بينها ويمكن عد البروتين كطور شبكي مستمر والنشاء مغمور ومغموس به. وفق لطبيعة وقوة ترابط حبيبات النشاء والبروتين يتغير لون الاندوسبرم من اللون العنبري الشفاف إلى اللون الأبيض النشوي.

تزداد نسبة المواد المعدنية وكمية البروتين في الاندوسبرم من الطبقات الداخلية باتجاه الطبقات الخارجية.

يشكل الجنين 2.5-3.5 % من وزن حبة القمح وهو غني بالبروتين 25% والسكريات 18% والدهن 22% والرماد 5% ويعد مصدر أساسي لفيتامين B1 وفيتامين E . (الجدول 1).

جزء الحبة	نسبة جزء الحبة	نشا	بروتين	الألياف الخام	الألياف الغذائية	دهن	رماد
النخالة	15	1	20	93	70	30	67
اندوسبرم	82	100	72	4	27	50	23
الجنين	3	0	8	3	3	20	10

الجدول (1) توزع المركبات الكيميائية في أقسام حبة القمح

إنتاج الدقيق

طحن الدقيق علم وفن، سبب ذلك أن القمح ليس كرويا تماما وحتى ضمن كمية صغيرة فالحبوب ليست ذات شكل واحد مما يدخل إلى النظام مجموعة مختلفة من المتغيرات التي تعيق الفصل السهل للنخالة. ولحبة القمح ثلم على طول الحبة يخلق صعوبات في فصل النخالة والاندوسبرم. وتكون قشرة النخالة عند هذا الثلم مندمجة مع الحبة نفسها مما يعني أنه لإزالة النخالة يجب فتح الحبة وحتى هذا الوقت لا يمكن تحقيق هذا إلا بالوسائل الميكانيكية.

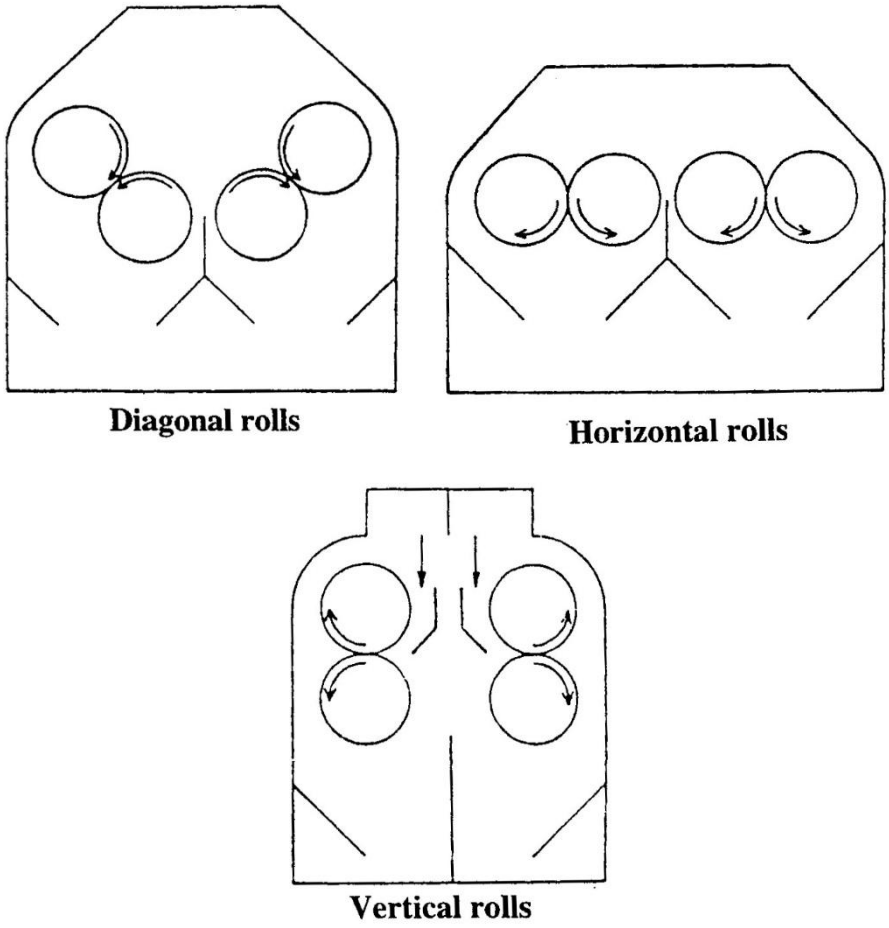
هدف الطحن هو فصل الاندوسبرم كجزيئات كبيرة عن القشرة والجنين وتنعيمه إلى حبيبات دقيق ذات قطر يتراوح بين 1- 150 ميكرون متجنبين بنفس الوقت القطع غير المقصود للنخالة لأن مسحوق النخالة لا يمكن فصله بسهولة عن الدقيق.

بعد ذلك يجزأ الناتج عن كل مرحلة طحن إلى منتجات وفق لحجمها بواسطة مناخل وهي: القشرة التي يلتصق بها أجزاء من الاندوسبرم والسميد والفرخة والطحين. يفصل الطحين مباشرة أما باقي المنتجات يعاد طحنها حتى يفصل الاندوسبرم عن القشرة. من أجل ذلك يستخدم آلات طحن ذات اسطوانات ذات أخاديد وملساء ومناخل وآلات تنظيف السميد.

الصفات العامة لآلة الطحن الاسطوانية:

تبنى كل آلة طحن بحيث تتألف من نصفين متوضعين ظهرا لظهر وكل نصف يحتوي على زوج من الاسطوانات. تصنع الاسطوانات من الحديد الصب ذات سطح مقسى أو بطريقة الصب في الفولاذ باستعمال القوة النابذة بحيث يحافظ السطح المتعرض للاحتكاك على قسوته وتحمله حتى بعد العمل الآلي المتكرر للمطحنة. يمكن أن يكون توضع الاسطوانات بشكل أفقي أو عمودي أو قطري كما في الشكل (2).

إن النموذج العمودي غير مرضي لعدم ضمان التدفق الثابت للمادة المطحونة. الفائدة الوحيدة لهذا النموذج هي أن سهولة الحصول على عينات من المنتج. أما النموذج الأفقي فإن تدفق المادة إلى الاسطوانات مقبول نسبيا عند السرعات والكميات المتوسطة وربما لا تكون بنفس الثبات مقارنة بالنموذج القطري. سبب ذلك أنه في النموذج الأفقي يرتبط التدفق بالتطاير الناجم عن دوامات الهواء القريبة من أسنان الاسطوانات أكثر مما هو في النموذج القطري.



الشكل (2) توضع الاسطوانات

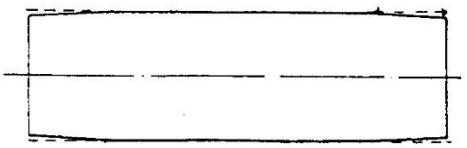
في المطاحن القطرية تكون الاسطوانات متوضعة بزاوية 45 º. عندما تصل التغذية للاسطوانة السفلية يتم توجيهها من قبل الاسطوانة إلى اتجاه محدد. وهذا يسهل على الاسطوانة السفلية رفع التغذية إلى الأسنان بطريقة سلسة ومنتظمة ولقد طرأ تحسن كبير بإضافة صفيحة موجهة للمادة المطحونة إلا أن الاستعاضة عنها باسطوانتي تلقيم للتغذية أمكن من الاستغناء عن الصفائح كليا. تسقط التغذية من اسطوانتي التغذية إلى الاسطوانة السفلية الأساسية قريبة من ناحية التقاء اسطوانتي الطحن nip وهذا مفيد جدا

في عمل آلة الطحن الاسطوانية. وحين يكون الهدف هو الطاقة القصوى للمطحنة فإن النموذج الأفقي يفي بالغرض تماماً.

أبعاد الاسطوانة:

مع أنه يمكن استخدام الاسطوانات ذات الأقطار الكبيرة لأغراض أخرى في إنتاج دقيق القمح أو مطاحن الشيلم (القطر 230 –300 – 325- أو حتى 450 مم) إلا أن القطر الشائع والذي يلبي الحاجات الهندسية والتركيبية في نظام الكسرات للقمح هو 250 مم. ومع تطور استعمال المطاحن الاسطوانية كان من الطبيعي أن يتطور حجم وطاقة الآلات. إن قطر 250 مم يجعل الاسطوانة ذات قوة كافية لوصول طولها إلى 610 مم أو حتى 1500 مم خاصة في المراحل الثلاث الأولى للكسرات لأن خطر الانحراف يكون ضئيلا بسبب الفجوة الواسعة بين الاسطوانات. الأبعاد الأكثر شيوعا في المطاحن الحديثة هي 1000 مم للطول و250 مم للقطر.

كلما ازدادت سرعة الاسطوانة أو كلما كان القمح أكثر قسوة 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

السرعة النسبية Roll deferential :

إن عملية التمزيق للحبة يتم باستعمال زوج من الاسطوانات المسنن واحدة تدور بسرعة أكبر من الأخرى. والنسبة بين السرعتين تدعى النسبة أو السرعة النسبية. فإن كانت الاسطوانتان وكما هو معتاد بأقطار متساوية فإن نسبة السرعات المحيطية ستكون نفس السرعات الزاوية لمحاورهما. أما إن كان قطرا الاسطوانتين غير متساويين فيجب اعتبار ذلك عند حساب السرعة النسبية. تولد السرعة النسبية عادة عن طريق علبة سرعات، مسننات أو مسننات مسيرة بجنزير. الاسطوانة السريعة تدعى (القاطعة) بينما تدعى الاسطوانة البطيئة (الحاملة). السرعة النسبية الكبيرة المبالغ فيها تؤدي لضعف في التمزيق وزيادة في التنعيم. إن السرعة النسبية الأكثر استعمالا في الصناعة في نظام الكسرات هي 2:5:1.

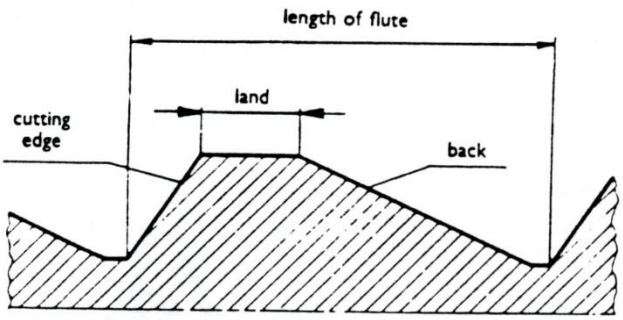
الأسنان Roll Corrugations (flutes):

الميزة الأساسية لنظام الكسرات هو أن الاسطوانات مسننة. النموذج الأكثر شيوعا هو مقطع أسنان المنشار. عدد الأسنان في السنتمتر يختلف حسب مراحل الكسرات كما في الجدول (2):

الكسرة	عدد الأسنان في الاسطوانة	عدد الأسنان في 1 سم
الكسرة الأولى	325-250	4.1-3.2
الكسرة الثانية	450-400	5.7-5.1
الكسرة الثالثة	550-500	7.0-6.4
الكسرة الرابعة	750-675	9.6-8.6

الجدول (2)

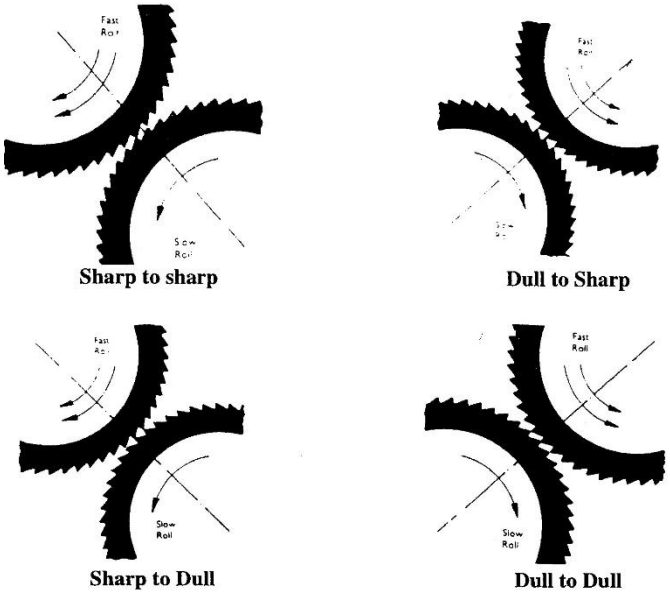
يبين الشكل (4) المقطع العرضي للسن.



الشكل (4) المقطع العرضي للسن

إن توضع الأسنان مقابل بعضها في الاسطوانتين يمكن أن يأخذ التوضعات التالية:

سن لسن . ظهر لسن . سن لظهر. ظهر لظهر .



الشكل (5) توضعات الأسنان

سن لسن

في هذا التوضع الأسنان القاطعة للاسطوانة السريعة تدخل ضمن الحبوب ويعتمد على مدى تلامس الاسطوانة السريعة مع البطيئة، جزء من الحبوب يتقطع وتنتج كمية قليلة من المنتج الناعم.

ظهر لسن

في هذا التوضع الأسنان القاطعة للاسطوانة البطيئة تدخل ضمن الحبوب كنتيجة للضغط المتولد عن سطح الأسنان الخلفية على الاسطوانة السريعة فوق الحبوب وحسب المدة التي تأخذها الاسطوانة السريعة يكون تكسر الحبوب. هذا النموذج يولد كمية أكبر من المنتجات الناعمة.

سن لظهر

في هذا التوضع أسنان الاسطوانة السريعة تدخل ضمن الحبوب بضيق المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين والنتيجة تقطيع جزء من الحبوب.

ظهر لظهر

في هذا التوضع، أسنان الاسطوانة السريعة تضغط الحبوب على أسطح أسنان الاسطوانة البطيئة ومع تناقص المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين يتم تحطيم الحبوب.

إن الخيار الأمثل للأسنان يعتمد على نوع الدقيق المنتج وعلى درجة التنعيم المرغوبة ونوعية المنتجات. يعتقد بعض الطحانين أن رقائق النخالة الكبيرة تنتج عند توضع اسطوانات الكسرة الأولى بشكل ظهر لظهر، بينما الرقائق الصغيرة تنتج عند توضع سن لسن. إن النموذج الأكثر شيوعا هو توضع سن لسن حيث نحصل على فائدة أمثل للتقطيع وبنفس الوقت يؤدي لسحق قليل لحبة القمح كما يستهلك قوة أقل. بما أن نظام

الكسرات هو الجزء الأكثر أهمية في عملية الطحن فإن يجب الحفاظ وضع أسنان الاسطوانات بصورة جيدة.

يقاوم القمح الطري سطح الاسطوانة بقوة أكبر عند سحبه إلى منطقة سحق ضيقة حيث يكون القمح بحالة قساوة وعدم قابلية للانضغاط. بتعبير آخر قوى الضغط والقص تكون مطبقة على كل من سطوح الاسطوانة والقمح مما يؤدي إلى تآكل سطح الاسطوانة. فإن إعادة تسنين سطح أسطوانات الكسرات أحد أهم العوامل المؤثرة في عمل المطحنة. الأسنان المسطحة تزيد كلفة الطاقة وتقلل من فعالية الطحن. تنقص كلفة المنتج بشكل كبير بإعادة تسنين الاسطوانات بانتظام. في المطاحن التي تعمل بشكل مستمر تحتاج الاسطوانات إعادة تسنين منتظم كل 6 أشهر.

الميل

إن تقشير القمح يترافق بعمليتين تمزق وقص أو قطع بعملية تشبه آلية عمل المقص. يكون الميل بقياس 1:50 (2%) حتى 1:10 (10%). في الميل قياس 1:50 تنزاح الأسنان 1مم حول محيط الاسطوانة في كل 50 مم من طول المحور.

القيم القياسية للميل:

الكسرة الأولى	% 14
الكسرة الثانية	% 8.5
الكسرة الثالثة	% 6.25
الكسرة الرابعة	% 4.0

يجب الانتباه إلى أن كلا من الاسطوانة السريعة والبطيئة تسنن دائما بنفس اتجاه الميل (إما الاسطوانتين بيمل يميني أو كلتاهما بميل يساري). إن الأسنان على

الاسطوانتين عندما تلتقيان عند المسافة الفاصلة تتقاطع مع بعضها بزاوية تساوي تماما ضعف زاوية الميل وهذه الزاوية تحدث فعل يشبه فعل المقص وبنفس الوقت لها فائدة ميكانيكية بمنع الأسنان على الاسطوانتين من التشابك عند دوران الاسطوانتين.

المسافة الفاصلة (الفجوة) Roll gap:

يتم سحق المنتج في منطقة السحق. تمتد بين نقطتين يتم فيها سحق وتقشير المادة المطحونة. منطقة السحق هذه تدعى الفجوة. الفجوة هي أقل مسافة بين الاسطوانتين وتحدث أكبر ضغط على المادة. طول منطقة السحق يحددها قطر الاسطوانة وسماكة المنتج في الفجوة. كلما ازداد طول منطقة السحق تزداد الأسنان التي تمر على الاسطوانة البطيئة. من الواضح أنه كلما قلت الفجوة كلما ازدادت درجة التنعيم.

هناك تأثير متبادل بين الفجوة وتوضع الاسطوانات. وكمثال على ذلك في التوضع (ظهر لظهر) عندما تكون تباعد الاسطوانة واسع فإن حبة القمح لا تفتح بشكل جيد وهذا يسمح بخروج الأوساخ العالقة في أخدود حبة القمح ويزيد من نسبة النخالة مما يزيد من محتوى الرماد. وكلما كان الطحن أشد كلما تحرر كمية أكبر من الاندوسبيرم ذو نسبة رماد قليلة. يبين الجدول (3) القيم القياسية للفجوة.

الكسرة	الفجوة
الكسرة الأولى	0.51
الكسرة الثانية (خشن)	0.13
الكسرة الثانية (ناعم)	0.23
الكسرة الثالثة (خشن)	0.05
الكسرة الثالثة (ناعم)	0.10

الجدول (3) القيم القياسية للفجوة

تأثير اختلاف السرعة والفجوة والأسنان على طحن القمح:

تتسطح حبات القمح أو تسحق في حال دوران كل من الاسطوانتين بسرعة واحدة وتغيب حالة الطحن ولا يحدث فصل لأجزاء الحبة. بينما باستعمال سرعتين مختلفتين نحصل على تقشير أفضل مع ضغط يساعد على فصل الاندوسبرم. الوضع الأمثل النظري في عملية القطع يحدث عندما تحتجز الاسطوانة البطيئة المادة بينما تعمل الاسطوانة السريعة الأخرى كمنشار يقطع الحبيبات إلى جزيئات صغيرة.

اختلاف السرعة يؤثر على عدد الأسنان التي تمر على بعضها في زمن محدد والعدد الأمثل للأسنان التي تمر على بعضها يتم بالسرعة النسبية واتساع منطقة السحق، فزيادة السرعة للاسطوانتين ببقاء التسارع التفاضلي ثابتاً لا يعني زيادة في السحق لأن نسبة الأسنان التي تمر على بعضها يبقى بدون زيادة. في المطاحن الحديثة السرعة النسبية تتراوح بين 2.5:1 او 1.5:1.

لقد تبين أنه حين تختلف السرعة النسبية فإن عدد التقطيعات تتغير حتى ولو بقيت سرعة أحد الاسطوانات ثابتة. في السرعات النسبية والسرعات المرتفعة عدد الضربات يكون مرتفعا ولكن زمن كل عملية قطع يكون ضئيلاً (قصيراً). وهذا يؤدي لتمزق النخالة وزيادة محتوى الرماد في الطحين.

متغيرات الطحن:

هناك عدد من المتغيرات التي تؤثر على نقاوة الطحين. وبعض أهم هذه المتغيرات هي:

تقنية الطحن:

- **الآليات المتوفرة:** إن لعمر الآليات وفعاليتها تأثيراً كبيراً على نتائج الطحن ونوعية الطحين المنتج.

- **شكل مخطط تدفق المطحنة:** يصمم مهندس الطحن مخطط المطحنة ليوافق متطلبات المنتج النهائي للمستهلك. كل تصميم مختلف للمطحنة يتطلب إعدادات درجة تنعيم كسرات محددة للحصول على التوازن المطلوب للحمولة في كل قسم لاحق في المطحنة.
- **صيانة الآلات:** يجب المحافظة على الآلات لتحقيق النتائج المثالية التي يريدها الطحان.
- **التقنيات المستعملة (أي درجة التحبب):** لكل طحان نظرة خاصة عن كيفية تشغيل كل آلة لعدة أسباب يمكن أن يكون ذلك ناتجاً عن تدريبه على نوع القمح الذي يطحنه والتقنيات التي يتطلبها إنتاج طحين لمنتج معين.

آلة الطحن الاسطوانية:

- **العمر/ الفعالية / الحدود**: فعالية الآلات وحدودها يمكن أن تعود إلى عدم المحافظة الجيدة على الآلات كما يمكن أن تعود إلى عمر الآلة ومصدر التصنيع وتوافر قطع الغيار.
- **عدد مراحل الكسرات**: لكل مطحنة متطلباتها الخاصة للمكنات وعدد الكسرات يمكن ان تتراوح من نظام كسرات ثلاثي إلى نظام كسرات سداسي. وهكذا تختلف درجة تنعيم الكسرات بين نظام الكسرات الثلاثي ونظام الكسرات السداسي.
- **أنظمة التسنين:** لكل شركة هندسة طحن نظام مفضل لتسنين الاسطوانات.

الاختلافات الرئيسية في أنظمة تسنين الاسطوانات تتبع المعايير التالية:

زاوية السن الحقيقية (مقطع او شكل السن).

المسافة بين سنين متتاليين وتوضع الأسنان لبعضها.

ميل السن.

مسافة سطح السن.

- **حالة أسنان الاسطوانة**: لا يمكن للطحان انتاج منتج ذو نوعية عالية الجودة بشكل دائم عندما تكون أسنان الاسطوانات غير مصانة بشكل جيد. يجب تفقد هذه الأسنان بشكل دوري للتأكد من حدة الزوايا. فالأسنان غير الحادة ستسبب بالإضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة واستخدام طاقة أكبر عدم القيام بعملية القص.
- **التقنيات**: درجة التنعيم هي أهم شكل من أشكال التحكم التي يمكن للطحان التحكم بها لإنتاج طحين ذو نوعية معينة.

نظام الكسرات:

يجب أن تنتج اسطوانات الكسرة الأولى والثانية الكمية القصوى من السميد بالكميات الصحيحة حسب توازن المطحنة والمحافظة على قشرة النخالة كاملة مع انتاج أقل كمية ممكنة من جزيئات النخالة الناعمة.

اسطوانات الكسرة الثالثة تستعمل بشكل أساسي لتنظيف نواتج الكسرات السابقة وإزالة بقايا السميد والطحين الملتصقة بالنخالة.

اسطوانات الكسرة الرابعة تستعمل للحصول على بقايا الاندوسبيرم التي لا تزال عالقة بالنخالة مع الانتباه إلى عدم سحق النخالة.

بعد تحديد درجة التنعيم للنظام والقمح المستعمل يجب اتباع ما سبق والالتزام به للمحافظة على توازن المطحنة.

هدف نظام الكسرات هو فتح حبة القمح وكشط الاندوسبرم عن النخالة محرراً الاندوسبرم على شكل جزيئات كبيرة من السميد وبقاء النخالة على شكل جزيئات كبيرة. في الحالة المثالية لا ينتج نظام الكسرات إلا جزيئات كبيرة من السميد ورقائق كبيرة من النخالة. وأهم من هذا كله يجب ألا ينتج نخالة مسحوقة لأنه يستحيل فصلها عن الطحين وتشكل مسحوق النخالة أسوأ ما يتخيله الطحان.

على كل حال فالحقيقة المحتمة هي أن طحن الدقيق لا يمكن الوصول إلى الحالة المثالية وبالتالي ستنتج جزيئات دقيقة من النخالة والكثير من جزيئات السميد الكبيرة ستتضرر وبعض الدقيق سينتج.

الفصل الثاني

تدريج المنتجات

نظام الفصل في مطاحن الدقيق:

بعد نظام الكسرات يتكون لدينا مزيج من الجزيئات مختلفة الحجم ولضرورة فصلها عن بعضها نحتاج للنخل. فالجزيء الكبير من الاندوسبرم المتحرر يدعى السميد والصغير يدعى الدقيق. وكل جزء مختلف بينهما له اسم خاص:

السميد الخشن Coarse semolina

السميد المتوسطMedium semolina

السميد الناعم Fine semolina

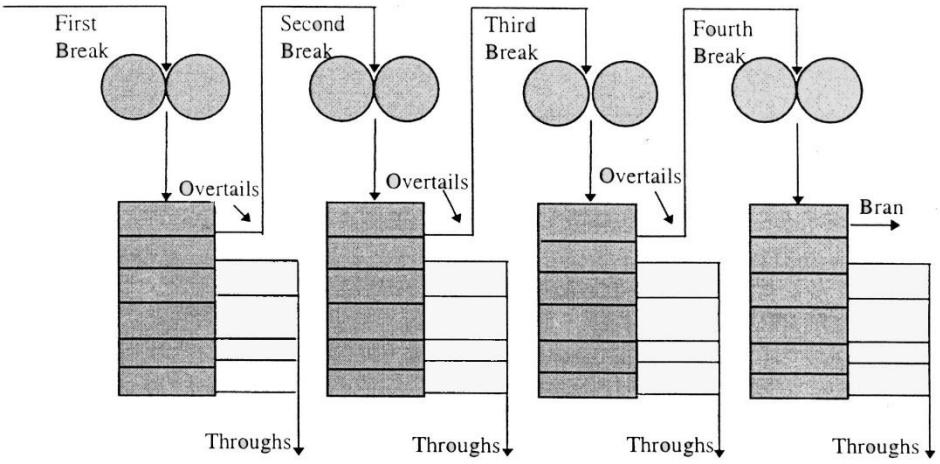
الفرخة الخشنة Coarse middlings

الفرخة الناعمة Fine middlings

الدقيق Flour

وكل من هذه الأجزاء عدا الدقيق يرحل إلى منظف سميد (دقاق) خاص ليحضر لنظام التخافيض reduction system.

يبين الشكل 6 مراحل الفصل للمادة حسب مراحل الكسرات الأربع.



الشكل (6) مراحل الفصل للمادة حسب مراحل الكسرات الأربع

ترسل الجزيئات الكبيرة الحجم بعد إجراء الفصل عقب مرحلة الكسرات الأولى إلى مرحلة الكسرات الثانية حيث يفصل المزيد من الاندوسبيرم أثناء مرور منتجات المطحنة في نظام الفصل. تصنف منتجات الطحن إلى سميد خشن وناعم وفرخة ودقيق. ثم تنقى وتسير إلى الاسطوانات الملائمة في نظام التخافيض. بعد مرحلة الكسرات الثانية ترسل الأجزاء الكبيرة من النخالة إلى مرحلة الكسرات الثالثة وتتم مرحلة فصل أخرى كما في المرحلة الأولى. في مرحلة الكسرات الثالثة والرابعة يتم التقشير والفصل بنفس الطريقة. يقسم المنتج إلى قسم خشن وناعم قبل المرحلة الرابعة وإلى الخامسة إن وجدت.

النخل

يستعمل النخل في الصناعة بصورة واسعة وخاصة في الصناعات التي تستعمل المساحيق وهي أكثر الطرق استعمالا لتحليل الحجم لهذه المواد في المخابر. وهذا يساعد في كل من البحث والمراقبة في طرق التصنيع.

لا يمكن تحديد البعد الحقيقي للحبيبات غير المنتظمة اطلاقا. التعابير كالطول والعرض والسماكة والقطر المستخدمة في حبيبات غير منتظمة تبقى بلا معنى إن لم

تترافق بتحديدات أخرى لأنه يمكن قياس قيم كثيرة لهذه الأبعاد. بغض النظر عن هذه الصعوبات من الصعب وصف بعد الحبيبة بمتغير وحيد. يمكن تحديد عدة أقطار فعالة مثال القطر المكافئ لمنطقة العمل وهو قطر دائرة لها نفس مساحة الحبيبة عندما تشاهد من مسار عمودي لمستواها وهي في حالة ثبات عظمى.

في عملية النخل بمناخل ذات شبكة مربعة يعبر عن بعد الحبيبة بقطر المنخل وهو الثقب المربع الأصغر الذي يمكن للحبيبة اجتيازه.

بشكل أساسي النخل هو تعريض الحبيبة لفتحة في المنخل فإذا كانت الحبيبة أصغر من الثقب وتم توجهها بشكل صحيح يمكن للحبيبة المرور من خلال الثقب. هذا تبسيط للعملية لأنه في الحقيقة تتأثر عملية النخل بعدة عوامل أهمها شكل الحبيبة وعدد الحبيبات على المنخل (الحمولة) وطريقة هز المنخل وهندسة سطح المنخل.

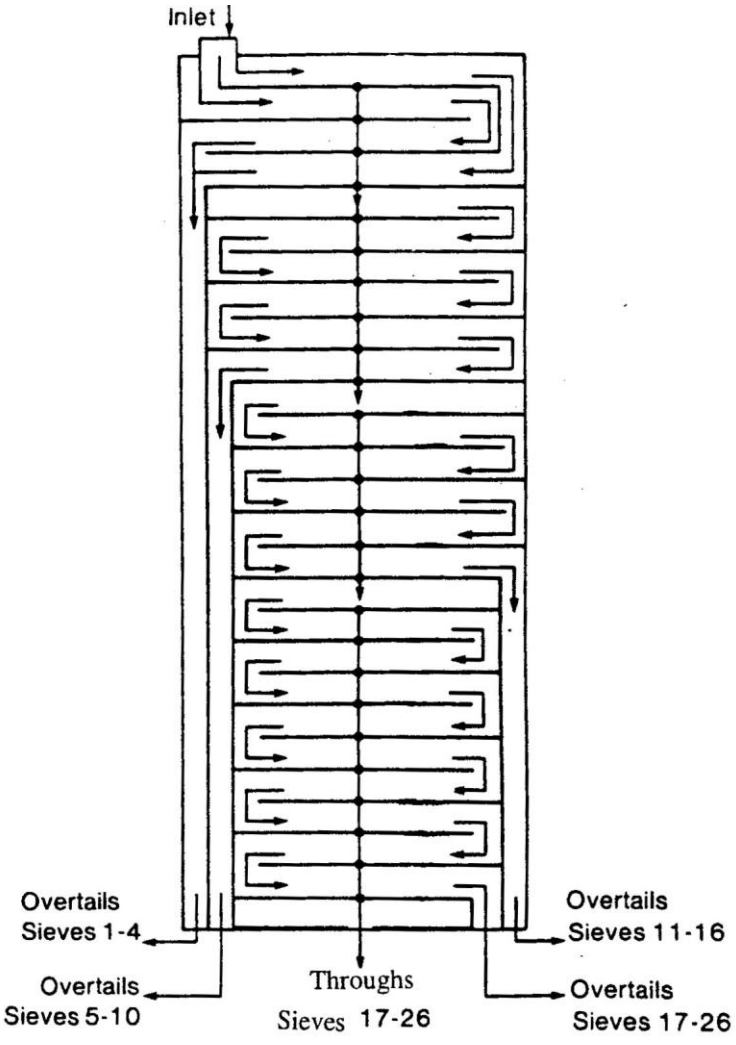
المناخل Plansifter:

تمتاز المناخل باحتلالها حيزا مساحيا أقل وتحتاج طاقة أقل وكلفة أقل. سيطر استعمال المنخل المربع في المطاحن. وتتألف هذه الآلة من 4-6-8 أقسام (2-3-4 أقسام على كل جانب). كل قسم يحتوي على 20-32 منخل مربع تتوضع فوق بعضها.

تستطيع هذه المناخل أن تعالج 16 تيار من المطحنة بآن واحد. وهذه الحسنة، إضافة إلى طاقتها الكبيرة تبرران استعمالها الواسع في تدريج القمح والطحين. يغطى المنخل بقماش مصنوع من خيوط خشنة أو ناعمة فالخشن يستعمل لفصل المواد الخشنة والناعم يستعمل لفصل المواد الناعمة.

إن عملية النخل بسيطة نسبياً (يبين الشكل 7 مقطعاً في المنخل). حيث تدخل المادة من أعلى الآلة والحركة الدائرية للمناخل تسبب مرور المادة عبر المناخل حيث تبقى

المادة الخشنة في المنخل وتمر الناعمة. تمر المادة الخشنة في قناة عمودية إلى خارج آلة النخل بينما تجمع المادة الناتجة من صواني المناخل وتذهب إلى منخل أنعم.



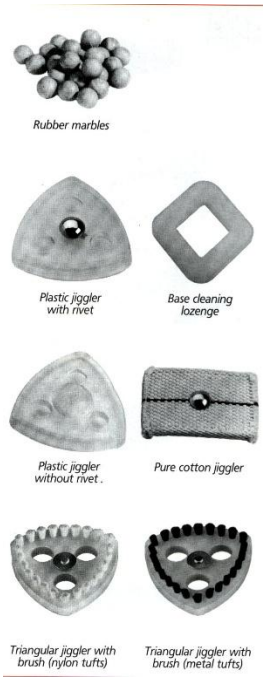
الشكل (7) مقطع في المنخل

إن إزاحة الكميات سببه حركة نسبية للمنتج، تحدث نتيجة تعرضه لثلاث قوى أساسية (جاذبية – تثفيلية – احتكاكية) وتعمل قوة الجاذبية المؤثرة في الجزيئات التي

ستنخل كقوة ضاغطة مستمرة للأسفل. تتأثر إزاحة المادة في منطقة النخل بالقوة المثفلة، وتلعب مقاومة الاحتكاك دوراً في طاقة وفعالية المنخل.

لتأثير المنتج على منطقة النخل عندما يكون بحركة دائرية أهمية كبيرة، خاصة عند مقاطعة هذه الحركة بوصول المنتج إلى جدار المنخل حيث يبدأ بحركة نسبية جديدة تؤثر على حركة النقل للمنتج المتوجه إلى سطح المنخل. لذا المنخل الضيق يمنع الناقلية الجيدة بسبب التلامس المتكرر للمنتج مع الجدران المتاخمة.

تستند المنظفات على شبكة تحت المنخل لمنع انسداد المناخل بالجزيئات الليفية والتي تقلل من فاعلية المنخل. وتتم عملية التنظيف بقطع من أحزمة قطنية أو على شكل واقيات بلاستيكية أو كرات. منظفات الصواني ذات الشكل الماسي تستعمل لمنع المنتج من التجمع في الزوايا. (يبين الشكل 8 أشكال منظفات أقمشة المناخل)



الشكل (8) أنواع منظفات المناخل

العوامل المؤثرة في النخل:

شكل الحبيبة:

أهم العوامل التي تؤثر في قابلية الحبيبة للمرور عبر المنخل هي بعد وشكل الحبيبة. من الواضح أن الحبة ذات الأبعاد الأقل من فتحات المنخل لها قابلية على المرور دون أن يتأثر ذلك بشكلها. ولكن عندما تكون أبعادها قريبة من فتحة المنخل فإن قابلية مرورها ستكون قليلة وسوف تتأثر بصورة كبيرة بشكل الحبة. عدد قليل من احتمالات طريقة توجه الحبيبة نحو الفتحة سيسمح لها بالمرور. لذا كان من الضروري إعطاء حركية كافية للحبيبة وذلك بهز المنخل مما يسمح للحبيبة بالتوافق بين البعد المماثل لها وفتحة المنخل.

حركة المناخل:

النماذج الأساسية لحركة المناخل هي: الاهتزازية vibratory, الدائرية gyratory, أو الاثنتين معاً. تسمح الحركة الدائرية للمادة بالبقاء فترة أطول من الاهتزازية، وذلك بسبب الحركة البطيئة التي تسمح بتوزع أفضل للمادة. عندما تلامس الحبيبات سطح المنخل تبقى على تلامس فترة أطول لأنها لا تتعرض للارتداد أو التقلب. بما أن الدقة والفعالية مطلوبان في فصل الحبيبيات الصغيرة فالمناخل ذات الحركة الدائرية هي المفضلة.

يمكن مضاعفة مساحة النخل في المناخل ذات الحركة الدائرية بتقسيم التغذية بين كتلتين للمناخل مع فتحات متساوية.

حمولة المناخل:

إن احتمال مرور الحبيبات عبر المناخل تتأثر بوزن المادة على المنخل. زيادة الحمولة على المنخل تزيد المنافسة بين الحبيبات للمرور من عدد محدود من فتحات المنخل.

بينت الاختبارات بأن إنقاص حمولة المنخل أعطى فعالية أكثر للحصول على نتائج نخل صحيحة من زيادة زمن النخل. كما بينت الاختبارات أنه كلما صغرت فتحات المنخل كلما زاد تأثير زيادة الحمولة.

هندسة سطح المناخل:

يعتبر المنخل المربع المتحرك بسرعة معينة ومسافة معينة من وضعية الثبات من أجل النخل المستمر ذو طاقة إنتاجية أفضل من المنخل المستطيل، بينما المنخل المستطيل وعند سرعات معينة ذو سطح نخل أكثر فعالية من المنخل المربع.

قد يكون إحدى أكبر الفوائد للمنخل المربع هي العدد الأكبر من المناخل (حتى 27 منخلا في جزء واحد منها) ويمكن تركيبها محلياً في نفس الحيز الذي يشغله النموذج المستطيل. بينما آلة المناخل المستطيلة لا تحتوي إلا على 10-18 منخلا في الجزء الواحد. ومع ذلك فإن إمكانية الوصول للمناخل وداخل الآلة يجعل النموذج المستطيل ذو فوائد أكثر من النموذج المربع.

تتكون المناخل إما من صفائح مثقبة أو أسلاك منسوجة. تستعمل المناخل ذات الصفائح عادة للمواد الخشنة. البعدان الأساسيان للمنخل ذو الأسلاك هما ثخانة (قطر) الأسلاك والفراغ الذي تشغله. هذه العوامل تغطي المساحة المكشوفة وعرض الثقوب. ثخانة السلك تحدد طاقة المنخل أو معدل النخل والفراغ بين الأسلاك يحدد بعد الحبيبات.

صنفت المناخل ذات الأسلاك المنسوجة بعدد الأسلاك /انش وهي نفس الطريقة بالنسبة لعدد الثقوب المربعة /انش^2.

النخل التجريبي:

خلال تجربة النخل تمر كمية موزونة من المادة عبر سلسلة من المناخل ذات ثقوب محددة. المنخل التجريبي هو شبكة أسلاك منسوجة ذات ثقوب محددة مثبتة في اسطوانة معدنية. في هذه المناخل تستقر الحبيبات في نقطة غير محددة في حال كان بعدها أكبر من بعد الثقب.

إن بعد الحبيبات المقاس في النخل التجريبي يمكن التعبير عنه ببعد فتحات مستويين من المناخل، الأول هو المستوى الذي عبرته الحبيبات والآخر هو المستوى الذي بقيت عليه.

يستعمل النخل التجريبي بصورة واسعة لقياس انتشار الحجم أي توزع حجم الحبيبات. إن النخل التجريبي هو طريقة سريعة ومعتمدة لتحليل الحجم ويعادل بدقته الأبحاث العلمية أو التحليل الروتيني بظروف صناعية ولا يحتاج لآلات غالية الثمن. في عملية الإنتاج، يجب إزالة الكمية المتراكمة على السطح لإفساح المجال لتدفق كميات جديدة (عملية مستمرة).

المنخل Plansifter الذي يتحرك حركة دائرية واحدة يتألف من عدة طبقات من المناخل. تستعمل هذه الآلات عند احتياجنا لعدة عمليات نخل متتابعة. ترتب المناخل الآلية بحيث تغذى بالمادة الأولية من أعلى الآلة وتقسم وتسير بحيث تنزل المادة المعالجة متأثرة بالجاذبية على امتداد الآلة ومن ثم تصنف حسب حجم الحبيبات لمعالجتها على سطح منخل لاحق. يلعب كل من سرعة الدوران وكمية التدفق للمادة دوراً حاسماً في تحديد سرعة حركة المادة على السطوح الأفقية وبدوره يلعب دوراً في عمق الكمية في نقاط مختلفة على امتداد المنخل.

الاختلافات بين المناخل المخبرية والمناخل الآلية:

الاختلافات في آلية العمل:

يعتبر النخل على مستوى صناعي عملية مختلفة تماماً عن الطريقة المخبرية للنخل التجريبي، لأن النخل المخبري يستمر فقط لنقطة نهاية محددة. بينما في النخل الصناعي ليس هناك تحديد للوقت ولا ضرورة للوصول لهذه الدرجة من الدقة. حيث تتدفق المادة بسرعة ثابتة على السطوح المهتزة وتبقى عليها لفترة قصيرة من الوقت.

يتأثر مرور الحبيبات عبر سطوح المناخل بكل من حركة هذه السطوح والضغط الذي تحدثه الحبيبات الأخرى. ويؤدي هذا التأثير المتبادل بين الحبيبات وقصر زمن بقاءها على سطح المنخل إلى عملية فصل غير دقيقة وقد يكون هذا ذو تأثير مقبول في بعض الطرق الصناعية التي لا تتطلب درجة عالية من الدقة.

الاختلافات في عدد المناخل:

إن المنخل المخبري هو منخل مفرد له ثقوب ذات حجم محدد وبعدد مناخل أعظمي يصل (10 مناخل). بينما كل منخل آلي يتألف من 4-6-8 بوابة كل منها يحتوي 20-30 منخل. وكل 20-32 منخل تقسم إلى مجموعات. مجموعات المناخل مؤلفة من أقسام في كل منها 2 أو أكثر من المناخل لها نفس بعد الثقوب بحيث يكون عدد الأجزاء المختلفة الحجم هي بين 3-8 وهذا هو سبب زيادة طاقة المنخل الآلي.

الاختلافات في حركة المناخل:

تستعمل في المناخل الآلية الحركة الدائرية بينما في مناخل التجربة نستعمل الحركة الاهتزازية أو الدائرية أو مزيج منهما. على الرغم من اختلاف الحركة بين المناخل المخبرية والآلية يعتبر المنخل التجريبي طريقة مقبولة لتحليل المادة الناجمة عن مراحل

الكسرات في المطاحن عن طريق النخل. عند تحديد التوزع الحجمي للعينة بواسطة منخل التجربة تقسم المادة لأجزاء متعددة كما في المنخل الآلي. تستعمل هذه الأجزاء إما لتحاليل مستقلة أخرى أو لتحديد خصائص مختلفة للحبيبات.

خطوات تحديد توزع حجم الحبيبات:

الخطوة الأولى لتحديد حجم الحبيبات أن نأخذ عينة ممثلة لكامل الكمية حوالي $100g$ إذا استخدمنا سلسلة كاملة حتى نتجنب أن يتجمع فوق أحد المناخل أكثر من $20g$. بعد أن نزن $100g$ من العينة الإجمالية (صار لدينا العينة المختبرة) يجب اتباع الخطوات التالية:

نرتب سلسلة المناخل الأخشن في الأعلى ثم الأنعم فالأنعم.

نضع العينة فوق المنخل العلوي ونضع سلسلة المناخل على الهزاز.

نسمح للهزاز بالعمل لمدة 5 min .

نرفع سلسلة المناخل عن الهزاز.

ندق بلطف على طرف كل منخل بالفرشاة قبل إزالته من السلسلة.

نزن المتبقي فوق المنخل ونسجل النتيجة.

تحليل معطيات النخل:

بالرغم من أهمية جدولة معطيات النخل إلا أن الأهمية القصوى لاختبار النخل يمكن التعبير عنها عندما تسجل المعطيات بطريقة بيانية. فعند استعمال الأرقام تصبح الاتجاهات غير محددة المعالم في زحمة هذه الأرقام بينما يمكن رؤيتها بوضوح بالرسم البياني للمعطيات. كما أن الفائدة الإضافية للجداول البيانية هي كمية المعلومات الإضافية التي نحصل عليها.

يظهر الجدول (4) نتائج نموذجية لتجربة النخل الذي يمكن أن يستخدم لحساب حجم الحبيبة.

أعمدة (النسبة المئوية للمتراكم فوق) و (النسبة المئوية للعابر المتراكم أو المتراكم تحت). وهي ليست ضرورية للحسابات ولكنها مفيدة عند الرسم البياني.

يمكن تمثيل بيانات نتائج تجربة النخل بشكل بياني بعدة طرق منها:

منحني توزع الحبيبات

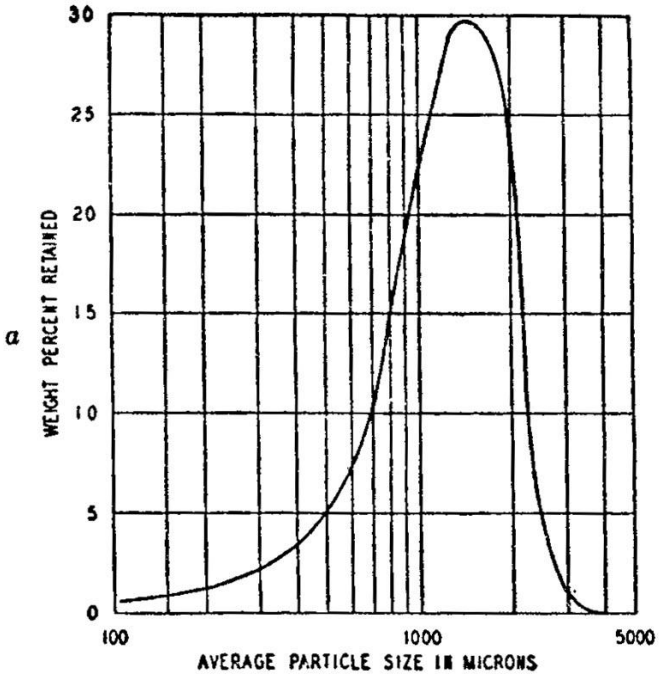
مخطط يبين النسبة المئوية الوزنية للمادة المتبقية فوق المنخل (العمود الرابع) بدلالة حجم الحبيبات (العمود الثالث) ويمكن أن يمثل ذلك إما على شكل مخطط الهيستوغرام (الشكل 9) أو على شكل منحني توزع الحبيبات (الشكل 10).

رقم المنخل	حجم فتحة المنخل (ميكروميتر)	الوزن (غ)	النسبة المئوية	النسبة المئوية الأصغر
6	3360	1.60	1.62	98.38
8	2380	3.20	3.24	95.15
12	1680	7.90	7.99	87.16
16	1191	19.40	19.62	67.54
20	841	18.00	18.20	49.34
30	594	15.00	15.17	34.18
40	420	11.60	11.73	22.45
50	297	8.00	8.09	14.36
70	212	6.60	6.67	7.68
100	150	3.40	3.44	4.25
140	103	3.20	3.24	1.01

0.10	0.91	0.90	73	200
0	0.10	0.10	53	270
0	0.00	0.00	37	الصينية
	100	98.90		

الجدول (4) نتائج نموذجية لتجربة النخل

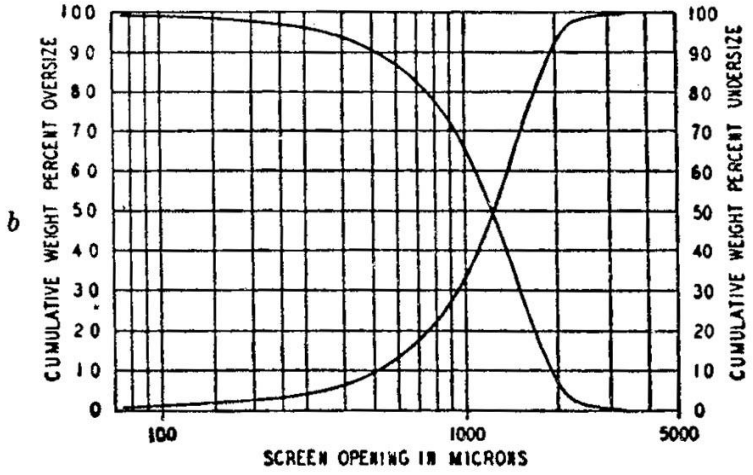
الشكل (9) مخطط توزع حجم الحبيبات



الشكل (10) منحني توزع حجم الحبيبات

منحني توزع حجم الحبيبات التكاملي

وهي مخططات تمثل النسب المئوية التكاملية للمادة بشكليها للحجم المتراكم فوق أو تحت المناخل والمجدولة حسب حجوم ثقوب المنخل هما مرآة لبعضهما البعض. وأحد الاستعمالات الأساسية لهذه الرسوم هو تحديد القيم التي لم يتم قياسها تجريبياً. ومثال على نسب تراكم المادة فوق أو تحت المنخل مبينة في الشكل (11).



الشكل (11) نسب تراكم المادة فوق أو تحت المنخل

الفصل الثالث

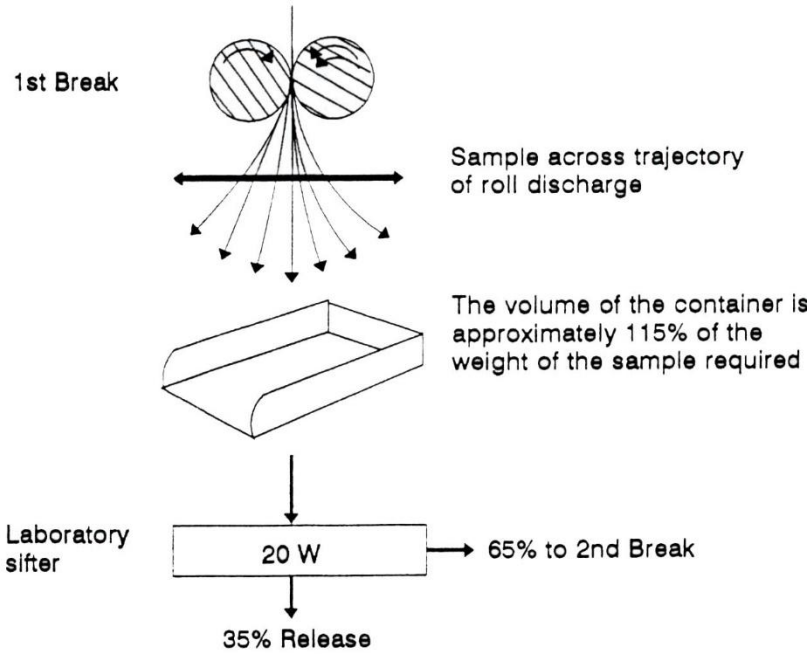
التحكم في المطحنة

ضبط نسب التنعيم في المطحنة Break Release Adjustment in the Mill

نسبة التنعيم هي مقدار المادة المطحونة التي يحصل عليها والتي تتألف غالبا من السميد الناعم Sizing والفرخة middlings والطحين ونخالة ناعمة fine bran مقدرة كنسبة مئوية من المادة الأساسية المختبرة من خلال فتحة منخل محددة (الشكل 12). ضبط نسب تنعيم المطحنة يؤثر على عمل المطحن بشكل كامل وعلى توازن المطحنة. إن المادة الخشنة (التي تنتج عن تصنيف المادة المكسرة) في كل من مراحل التكسير تعتبر التغذية لمرحلة الكسرة التالية. يمكن التحكم بكمية المادة المنفصلة في كل مرحلة بضبط المسافة بين اسطوانات الطحن حسب النسبة المئوية المحددة سلفا.

عملية النخل التجريبية هامة في تحديد نسب جرش أو تنعيم اسطوانات المطحنة. تؤخذ العينات النموذجية من تحت اسطوانات الطحن بطريقة يمكن بها الحصول على عينات حقيقية بشكل متكرر. أخذ العينات من أجل التحاليل من تحت المناخل تتطلب بعض الخبرة. أخذ جزء صغير من العينات يمكن أن يسبب تغيرات في 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.



الشكل (12)

يتم تحديد نسبة التنعيم بشكل روتيني في المطاحن مرة كل وردية وبعد تغيير مزيج القمح. في التطويرات الجديدة، عدل فحص المناخل بحيث أصبح مباشر وبعملية فصل مستمرة للمادة المطحونة 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 ببعد اسطوانات الطحن.

تختلف إجراءات اختبار النخل لمراحل الكسرات وللمواد الأخرى بين المطاحن. بشكل عام، كلما زادت المواد المختبرة وعدلت الاسطوانات اعتماداً على النتائج كلما زادت فعالية عمل المطحنة. 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 الأولى 30%, الكسرة الثانية 40% والكسرة الثالثة الخشنة 30% والكسرة الثالثة الناعمة 45% والكسرة الرابعة الخشنة 20% والكسرة الرابعة الناعمة 30% والكسرة الخامسة 30%.

يجب التأكد من رماد طحين مراحل الكسرات بشكل دوري. الرماد التكاملي لطحين مراحل الكسرات مؤشر جيد للتغييرات عن الوضع المثالي. يبين الجدول 5 مثال النسبة المئوية لمجموع نسب التنعيم ومجموع الرماد لوضعيتين: يجب أن تفضل الوضعية الأولى من قبل الطحان لمزيج القمح المحدد. على الرغم أن مجموع نسب التنعيم قريبة جدا ولكن كمية الرماد الكلي هو أفضل بشكل مميز في الوضعية الأولى.

	الوضعية الأولى		الوضعية الثانية	
	نسبة التعيم %	الرماد %	نسبة التنعيم %	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

الجدول (5) نسب التنعيم التكاملي والرماد الكلي

يعطي الجدول 6 القيم النموذجية لنسبة التنعيم المطلوبة المستخدمة تجاريا في كل مرحلة من مراحل الكسرات.

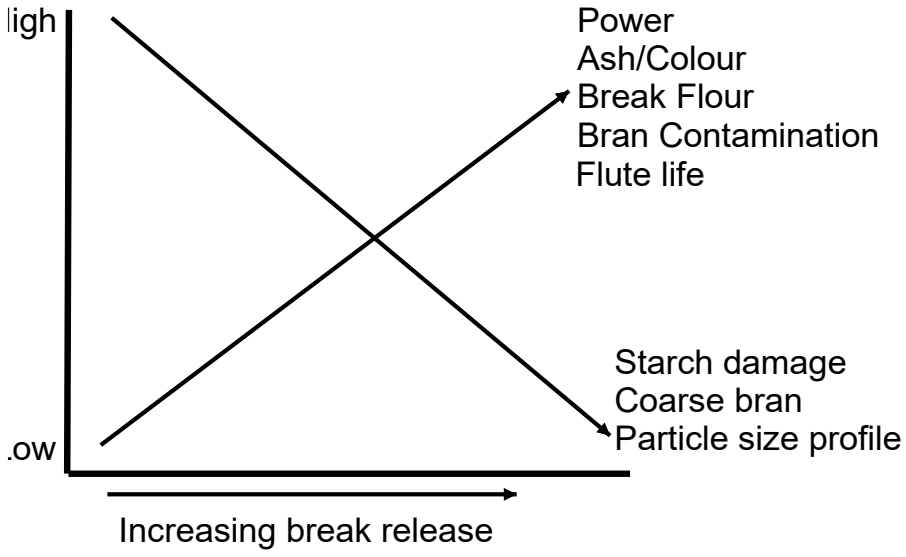
مرحلة الكسرة	مجال درجة التنعيم المطلوبة
1	45-35
2	60-50
3	40-30
4	30-20

الجدول (6) القيم النموذجية لنسبة التنعيم المطلوبة المستخدمة تجاريا

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 والطحين 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 13 أهم تأثيرات نسبة التنعيم.



الشكل (13) أهم تأثيرات نسبة التنعيم

التحكم بالتحبب Granulation Control

يبين الشكل 14 منحني تحبب لعملية كسرات نموذجية. تقاس بواسطة مناخل اختبار ويعبر عنها إما بنسبة العينة التي تمر عبر مجموعة من المناخل أو على شكل منحني. حيث يبين المحور الشاقولي توزع النسب التكاملية وعلى المحور الأفقي يبين حجم الحبيبات معبراً عنه بالميكرون أو بحجم ثقوب المنخل. يؤثر العديد من العوامل على التحبب في طحن الدقيق. إن مبادئ النخل وغيرها من العوامل تؤثر على النتائج. العامل الأساسي في التحكم بدرجة التحبب هو حجم فتحات المنخل. ويجب التأكد من ذلك بواسطة مقياس للفتحات للتأكد من حجمها حيث يمكن أن يمحى الرقم المميز مع الزمن. يمكن تحديد عدد الخيوط في السنتيميتر أو الإنش بواسطة عدسة مكبرة مرقمة أو عداد للفتحات الذي تم تطويره على يد Haltmeier 1964. حيث يمكن عد الفتحات خلال ثواني.

تستعمل مناخل الاختبار لتفقد الفصل في المناخل لتحديد تحبب عينة ما. يمكن مقارنة تحبب المادة الذاهبة إلى المنخل مع كمية المواد التي فصلتها المناخل وهذا يحدد فعالية النخل.

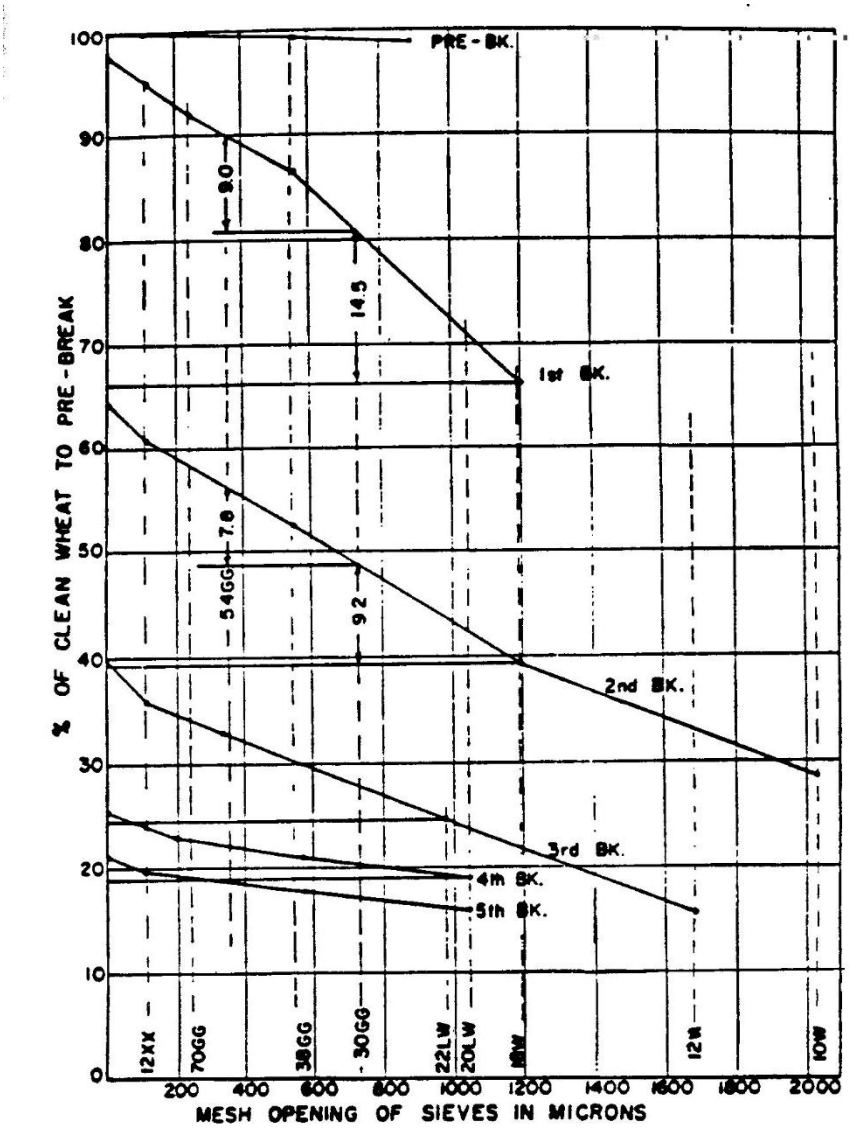


Fig. 6-23. Granulation curves of a flour mill breaking process. XX = Swiss silk, GG = grits gauze, LW = light wire, W = wire, BK = break.

الشكل (14) منحني تحبب لعملية كسرات نموذجية

القسم النظري

أولا: المواد المستخدمة

تم أخذ عينات من نواتج الكسرات الأولى والثانية والثالثة من مطحنتين مختلفتين في فترتين مختلفتين، حيث تم معايرة المسافة الفاصلة للاسطوانات على ثلاث وضعيات الأولى كما هي معايرة من قبل معلم الطحن والثانية بعد تقريب الاسطوانات لبعضها والثالثة بعد تقريب الاسطوانات لبعضها.

وتم أخذ عينات من الطحين المنتج عند كل وضعية. كما تم نخل عينات الكسرة الأولى بعد اختبار النخل لها لسحب الطحين المنتج للكسرة الأولى.

وتم أخذ عينات من القمح الداخل للكسرة الأولى المرطب، وثم جفف جزء منها لقياس قساوة القمح. كان نوعية القمح المستخدم في المطحنة الأولى خلال الزمنين واحدة.

تم ترميز العينات وفق لما يلي:

المطحنة الأولى

الزمن الأول M 1-1

الزمن الثاني M 1-2

المطحنة الثانية

الزمن الأول M 2-1

الزمن الثاني M 2-2

عينات المسافة الفاصلة الأصلية N

عينات المسافة الفاصلة بعد تقريب الاسطوانات F

عينات المسافة الفاصلة بعد زيادة المسافة الفاصلة للاسطوانات C

ثانيا: التجارب المجراة

الاختبارات الفيزيائية Physical Tests:

قياس حجم حبات القمح:

من أهم الخواص الفيزيائية التي تهم الطحان حجم حبات القمح وتجانسها. حيث يؤثر عدم تجانس حجم الحبوب على استقرارية عمل المطحنة وعلى عملية ترطيب الحبوب قبل الطحن.

تم قياس حجم حبات القمح بوضع 50 غ من القمح فوق أربع مناخل ذات فتحات شقية فوق بعضها.

فتحات المناخل على الترتيب (2.8مم) ، (2.5مم) ، (2.2مم) ، (1.7مم). وتم هز المناخل بعد إغلاقها باليد باتجاه أفقي موازي لطول الشق لمدة ثلاث دقائق ثم وزن القمح المتبقي فوق كل منخل والنازل من المنخل السفلي.

قياس قساوة القمح:

تم قياس القساوة للقمح المرطب والمجفف باستخدام مطحنة قرصية هي مطحنة (Perten 3303) باستخدام أقراص قياس (2) وضعت على العيار (0).

طحن حوالي 50غ من القمح وأخذ من الناتج 25 غ ونخلت باستخدام مناخل (150،212،250،475) ميكرون.

تجربة النخل للجريش:

تم إجراء النخل المخبري باستخدام مناخل ذات قياس مبينة في الجدول (7):

حجم فتحة المنخل (ميكرومتر)	مقياس المنخل (GG)
2000	12
1000	20
800	30
475	40
355	50
250	

الجدول (7) قياسات المناخل المستخدمة في تجربة النخل

تم إجراء النخل لمدة 5 دقيقة.

اللون:

تم إجراء هذه التجربة وفق طريقة:

KENT-JONES, 1967 MODERN CEREAL CHEMISTRY

الاختبارات الكيميائية Chemical Tests:

الرطوبة Moisture:

تم تحديدها اعتماداً على الطريقة:

Icc standard, No: 110/1. Anonymous, 1976

الرمادAsh:

تم تحديدها اعتماداً على الطريقة:

Icc standard, No: 104. Anonymous, 1960

الاختبارات التقنية Technical Tests:

رقم السقوط Falling number:

تم تحديده وفق طريقة (Icc,107,Anonymous, 1968)

الغلوتين Gluten:

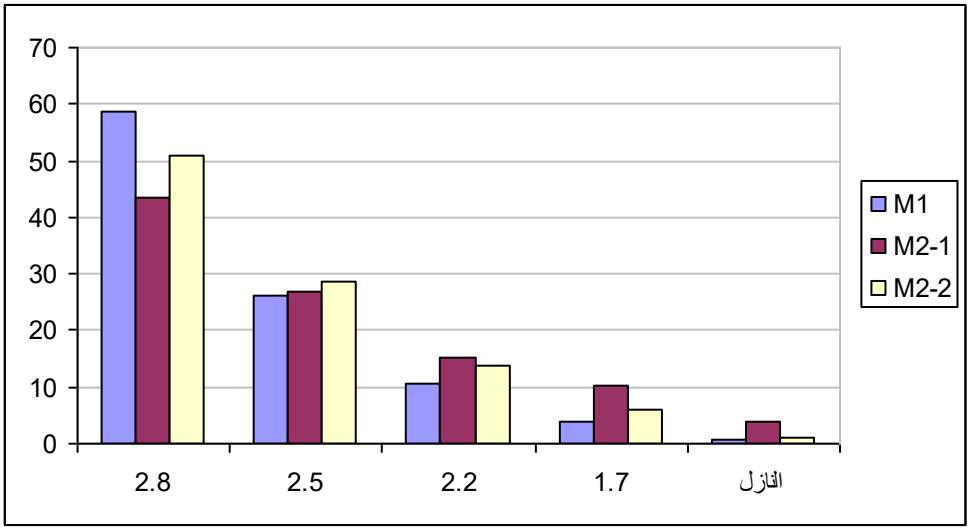
تم تحديده وفق طريقة (Icc standard, No:155)

ثالثا: النتائج:

الاختبارات الفيزيائية

حجم حبات القمح:

القمح المستخدم في إحدى المطاحن كان نفسه خلال فترتي أخذ العينات لذلك يعتبر لدينا ثلاث عينات قمح . يبين الشكل (15) المخطط البياني لحجم حبات القمح:



الشكل (15) مخطط يبين توزع حجم حبات القمح

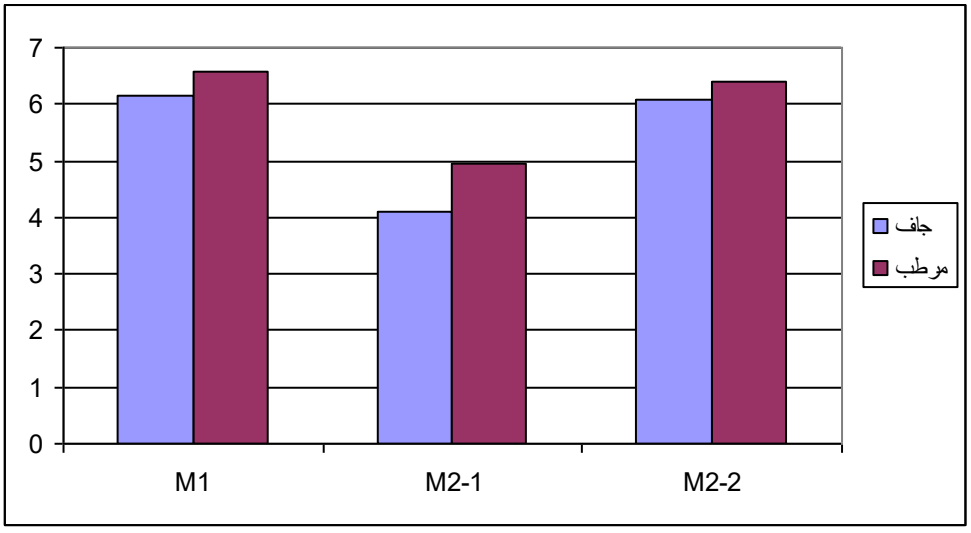
نلاحظ من الشكل (15) أن نسبة الحبات المتبقية فوق المنخل 2.8 مم للعينة M1 أكبر من العينتين المتبقيتين ثم تلاها عينة القمح الثانية في المطحنة الثانية. أما المتبقي فوق المنخل 2.5 مم فقد كانت النسب متقاربة وكان حجم حبات القمح للعينة الثانية في المطحنة الثانية هي الأكبر. أما نسب الحبات المتبقية فوق المنخل 2.2 مم كانت بعكس

ترتبها لنسب المنخل 2.8. أما المتبقي فوق المنخل 1.7 والنازل كانت النسبة الكبرى لعينة القمح الأولى للمطحنة الثانية والتي تعبر ذات حبات صغيرة.

أما من حيث التجانس فقد أبدت العينات ذات الحبات كبيرة الحجم تجانس أما العينة الأولى في المطحنة الثانية ذات الحبات الصغيرة لم تكن متجانسة.

قساوة القمح:

ثم قياس قساوة القمح المجفف والمرطب. يبين الشكل (16) :

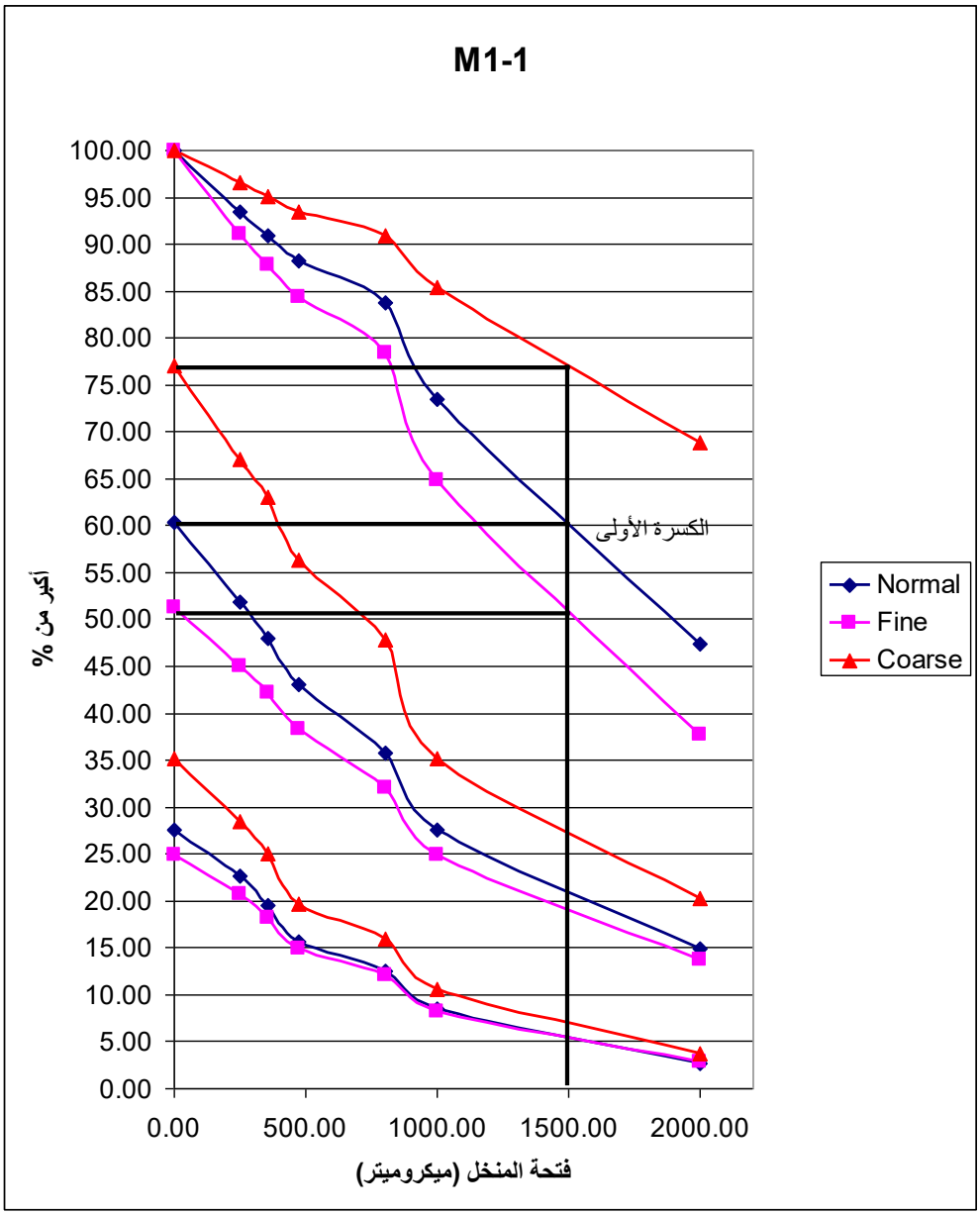


الشكل (16) مخطط يبين قساوة القمح الجاف والرطب

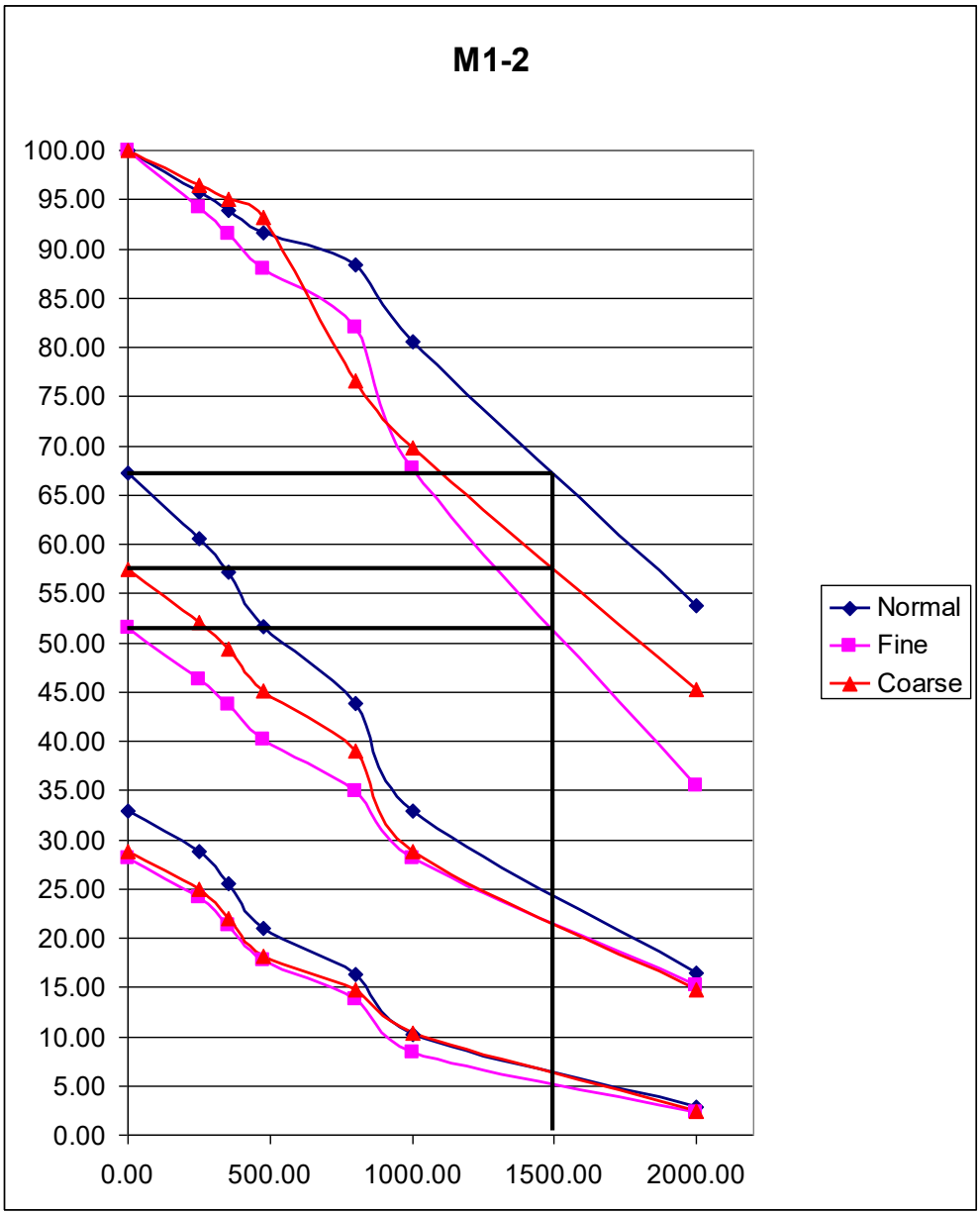
وجدنا أن القمح المستخدم في المطحنة الأولى كانت قسا وته قريبة جدا من العينة الثانية في المطحنة الثانية أما العينة الأولى في المطحنة الثانية كانت الأقسى.

منحنيات التنعيم:

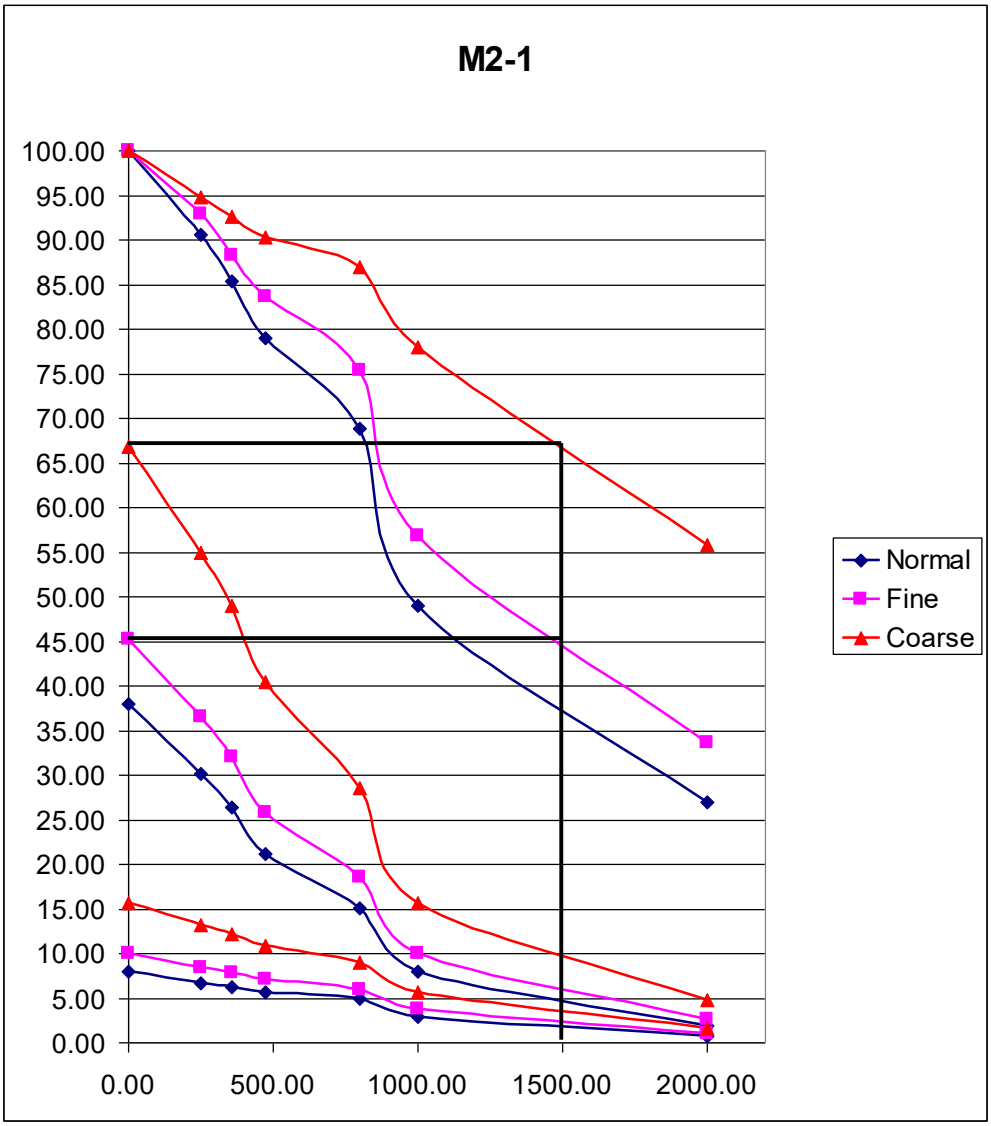
المطحنة الأولى:



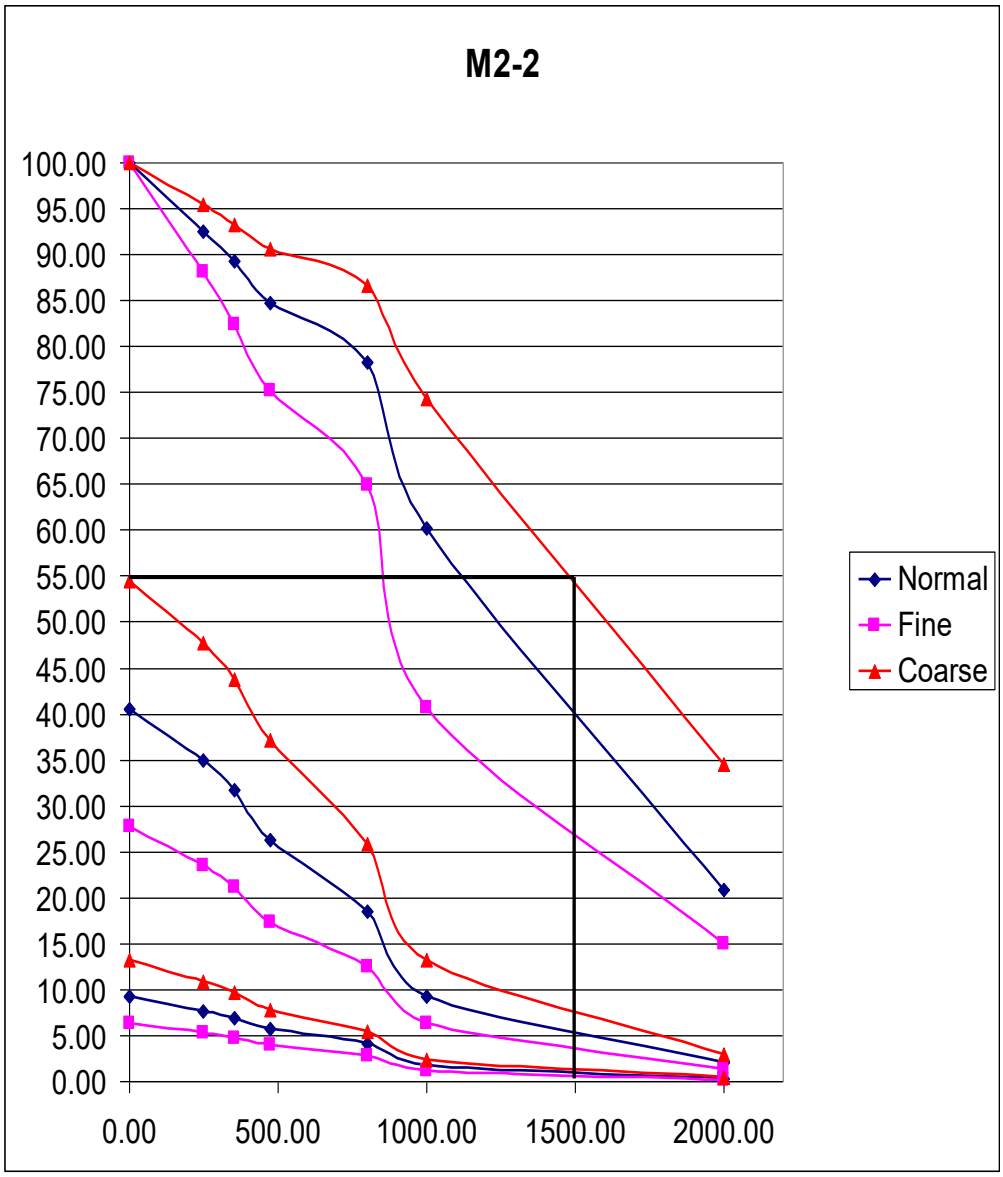
الشكل (17)


M1-2
100.00
95.00
90.00
85.00
80.00
75.00
70.00
65.00
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0.00
500.00
1000.00
1500.00
2000.00
Normal
Fine
Coarse

الشكل (18)


M2-1
100.00
95.00
90.00
85.00
80.00
75.00
70.00
65.00
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0.00
500.00
1000.00
1500.00
2000.00
Normal
Fine
Coarse

الشكل (19)


M2-2
100.00
95.00
90.00
85.00
80.00
75.00
70.00
65.00
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0.00
500.00
1000.00
1500.00
2000.00
Normal
Fine
Coarse

الشكل (20)

المناقشة:

تبين الأشكال (17, 18, 19, 20) منحنيات التحبب لعينات مأخوذة من نواتج الكسرة الأولى والثانية والثالثة.

العينة الأولى للمطحنة M1 كان الفرق واضح جداً بين منحنيات تحبب الكسرة الأولى عند إعادة ضبط المسافة بين الاسطوانات من قبل معلم الطحن. حيث كانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1500 ميكرون للحالة F 51.3% بينما للحالة N كانت 60.4% وللحالة C 77.1% وهذا دليل على أن معايرة المسافة بين الأسطوانتين من قبل معلم الطحن كانت صحيحة.

هذا يعني أنه في الحالة F 51.3% من ناتج الكسرة الأولى انتقل للكسرة الثانية أما الحالة N 60.4% من ناتج الكسرة الأولى انتقل إلى الكسرة الثانية بينما الحالة C 77.1% .

أما نسب تنعيم المرحلة الأولى كانت على الشكل التالي: الحالة F كانت 48.7 % والحالة N 39.6 % والحالة C 22.9 %.

أما بالنسبة للكسرة الثانية كانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1500 ميكرون بالنسبة للكمية الكلية (الداخلة للكسرة الأولى) فكانت في الحالة F هي 19.3% وللحالة N كانت 21.1% وللحالة C هي 27.8%.

نسبة التنعيم للمرحلة الثانية (1500ميكرون) للحالة F 37.62% وللحالة N 35.075% وللحالة C 36% وهي قيم متقاربة من بعضها أي أنه لم يحدث تأثير على نسبة تنعيم المرحلة الثانية بتغير نسبة تنعيم المرحلة الأولى.

أما الكسرة الثالثة كانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1000 ميكرون كانت للحالة F هي 8.16% وللحالة N هي 8.5% وللحالة C كانت 10.6%.

أما نسبة التنعيم (1000ميكرون) للحالة F 32.7% والحالة N 30.8% وللحالة C 30.21% .

أما العينة الثانية للمطحنة M1 في الكسرة الأولى كانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1500 ميكرون للحالة N أكبر من الحالة C هذا دليل على أنه كان هناك خطأ من قبل معلم الطحن في معايرة المسافة بين الاسطوانتين غير دقيقة مما يؤكد الحاجة لإجراء ضبط درجة التنعيم تجريبياً والمعايرة النظرية غير كافية.

أما العينة الأولى من المطحنة M2 في الكسرة الأولى كانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1500ميكرون كانت للحالة F % 45.2 وللحالة N 37.1% وللحالة C 66.88% هذا يعني أن المعايرة من قبل الطحان غير صحيحة وقد أخطأ الطحان حين قام بزيادة المسافة بين الاسطوانتين وعندما أراد تقريب المسافات عاد إلى الوضع الطبيعي N بدلا من زيادة التنعيم أكثر من الحالة الطبيعية.

أما العينة الثانية من المطحنة M2 كان الفرق أيضاً واضح بين منحنيات تحبب الكسرة الأولى حيث كانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1500 ميكرون للحالةF 27.78% أما للحالة N 40.55% وللحالة C 54.5% وهذا يعني أن المعايرة صحيحة.

أما نسبة التنعيم للحالة N 59.5% كانت مرتفعة جدا بالنسبة للحالة الأولى في المطحنة الأولى.

أما بالنسبة للكسرة الثانية كانت نسبة التنعيم (1500 ميكرون) للحالة F 13.7% من كمية الداخل الكلية وللحالة N 14% وللحالة C 14.86% أما نسبة المتبقي فوق المنخل 1500 ميكرون للحالة F 3.81% و للحالة N 5.67% أما الحالة C 8.1% وهي كميات قليلة جداً.

وكانت نسبة المتبقي فوق المنخل 1000 ميكرون متقاربة لكل الحالات وكانت للحالة F 0.7% وللحالة N 1.1% للحالة C 1.37% وهي قليلة جداً وهذا يعني أن

نسبة الاستخراج عالية فالتقريب بين الاسطوانتين زائد وبالتالي كمية النخالة قليلة . وهذه المطحنة يهمها الحصول على أكبر نسبة استخراج . أما نسبة التنعيم (1000 ميكرون) كانت للحالة F 18.71% وللحالة N 19.27% وللحالة C 17.5% .

اللون:

تم قياس اللون لعينات الطحين العام المنتج عند كل وضعية فكانت النتائج كما هي مبينة في الجدول (8)

طحين C	طحين N	طحين F	
0.24	0.65	0.43	M1-1
0.20	0.67	0.45	M1-2
5.65	5.83	6.18	M2-1
5.00	5.13	6.41	M2-2

الجدول (8)

من الجدول (8) نلاحظ الفرق الكبير بين درجة لون طحين المطحنة الأولى والثانية وهذا دليل على أن طحين المطحنة الأولى هو طحين زيرو بينما طحين المطحنة الثانية هو طحين موحد.

أما من ناحية تأثير وضعية الاسطوانات على درجة لون الطحين فكان في المطحنة الأولى غير ذو أهمية وذلك بسبب انخفاض درجة اللون للطحين أصلا. أما بالنسبة للمطحنة الثانية وخاصة العينة الثانية التي تم فيها معايرة صحيحة للمسافة بين الاسطوانات فكان الفرق واضحا لدرجة لون طحين الوضعية F عن الوضعيتين الأخريين .

الاختبار التقنية على الدقيق:

تم قياس كل من رقم السقوط والغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين للدقيق العام المنتج عند كل مسافة بين الاسطوانات فكانت النتائج متشابهة جدا وهذا نتيجة عدم تغيير سوى المسافة الفاصلة بين اسطوانات الكسرة الأولى (الجداول 9 و 10 و 11 و 12).

عينة مطحنة1-M1

التجربة	طحين C	طحين N	طحين F
رقم السقوط (sec)	299	295	298
الغلوتين الرطب(%)	21.2	21.4	20.9
الغلوتين الجاف(%)	7.2	7.3	7.3
دليل الغلوتين(%)	98	99	98

الجدول (9)

عينة مطحنة M1-2

التجربة	طحين C	طحين N	طحين F
رقم السقوط(sec)	288.66	288	294
الغلوتين الرطب(%)	23.4	23.6	23.3
الغلوتين الجاف(%)	7.6	7.8	7.85
دليل الغلوتين(%)	90.1	97.8	95.5

الجدول (10)

عينة مطحنة M2-1

التجربة	طحين C	طحين N	طحين F
رقم السقوط(sec)	1230	946	1117
الغلوتين الرطب(%)	28.1	28.4	24.9
الغلوتين الجاف(%)	9.75	9.65	99
دليل الغلوتين(%)	93	94	78

الجدول (11)

عينة مطحنة M2-2

التجربة	طحين C	طحين N	طحين F
رقم السقوط(sec)	706	590	597
الغلوتين الرطب(%)	29.4	30.2	28.7
الغلوتين الجاف(%)	10.5	10	9.9

الجدول (12)

الاختبارات الكيميائية للدقيق:

كانت لدينا النتائج التالية: مع العلم أن النتائج هي للدقيق المنتج من الكسرة الأولى بعد عملية نخل لمدة 1 دقيقة.

للمطحنة M1:

عينة مطحنةM1-1

	طحين C	طحين N	طحين F
الرطوبة %	15.54	15.94	15.68
الرماد %	0.671	0.642	0.702

الجدول (13)

من الجدول نلاحظ أن نسبة الرماد في الحالة F كانت أكبر من الحالتين N و C لأن التنعيم الجائر أدى إلى انتقال كمية أكبر من النخالة إلى الطحين وبالتالي زيادة نسبة الرماد.

عينة مطحنة M1-2

	طحين C	طحين N	طحين F
الرطوبة %	15.22	14.9	15.44
الرماد %	0.59	0.51	0.68

الجدول (14)

من الجدول نجد أن النسبة المئوية للرماد للحالة N أصغر من الحالة C وهذا يتوافق مع معايرة الاسطوانات حيث كانت المعايرة غير صحيحة.

للمطحنة M2:

عينة مطحنة M2-1

	طحين C	طحين N	طحين F
الرطوبة%	15.48	15.29	14.91
الرماد%	0.6	0.96	0.81

الجدول (15)

من الجدول نلاحظ أن النسبة المئوية للرماد للحالة N كانت أكبر من الحالة F وهذا يؤكد أن معايرة المسافة بين الإسطوانات كانت غير صحيحة.

عينة مطحنة M2-2

	طحين C	طحين N	طحين F
الرطوبة%	15.1	14.55	14.89
الرماد%	0.62	1.1	1.16

الجدول (16)

من الجدول نجد أن النسبة المئوية للرماد للحالة F أكبر من الحالتين N وC وهذا يتوافق مع منحني التحبب. وكمية الرماد مرتفعة لأن نسبة استخراج هذه المطحنة مرتفعة ونقاوة الطحين منخفضة.

المقترحات:

إن نسبة التنعيم هي مقدار المادة المطحونة التي يحصل عليها والتي تتألف غالبا من السميد الناعم Sizing والفرخة middlings والطحين ونخالة ناعمة fine bran مقدرة كنسبة مئوية من المادة الأساسية المختبرة من خلال فتحة منخل محددة.

وقد تبين أنه من خلال الدراسة السابقة أنه لمساعدة الطحان في ضبط عمل المطحنة يمكن إتباع ما يلي:

أخذ العينات 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 الطحين غير المنخول يعاد للطحن.

أهمية وجود مناخل الاختبار يمكن تحديد احتياج مناخل المطحنة للصيانة. كما أنه يمكن اكتشاف النخل غير الكامل من خلال استخدام أقمشة مشابهة لأقمشة مناخل المطحنة. الكمية الزائدة فوق المنخل تشير إلى حاجة صيانة مناخل المطحنة. يكتشف وجود تسريبات أو ثقوب في أقمشة مناخل المطحنة التجارية باستخدام أقمشة مناخل اختبار مشابهة في المطحنة. فحص الكمية المتبقية فوق المناخل يدل على وجود مشكلة.

احتساب درجة التنعيم لمراحل الكسرات يساعده في الحكم على سير عمل المطحنة بشكل جيد ودلالة على فعالية عمل المطحنة وحالة الاسطوانات.

تغيير درجة التحبب بسبب قمح ذو بنية أكثر قساوة أو طراوة يمكن أن يحدد بواسطة منحني التحبب، ويمكن تجنب زيادة أو نقصان حمل النظام والآلات عن طريق

تغيير ضبط الكسرات. حيث تغير توزع حجم الحبيبات يؤدي إلى فقدان المطحنة توازنها وبالتالي على كل من نسبة الاستخراج والاستطاعة والطاقة المستهلكة ونوعية الطحين.

إن تحليل منحني التحبب يعطي المعلومات التالية:

- حالة أسنان الاسطوانات.
- توازن المطحنة عند طحن أقماح طرية أو قاسية.
- ضبط الاسطوانات.
- مساحة النخل، قطر فتحاته، التقسيم، الفعالية.

التأكد من رماد طحين مراحل الكسرات بشكل دوري. تحديد قيمة الرماد دليل الطحان لأداء المطحنة حيث أنه أفضل طريقة لقياس فعالية الطحن من وجهة النظر التكنولوجية.

استعمال اللون بدلا من الرماد لتقييم وتحديد نوع الطحين حيث يمكن تحديده لتيارات الطحين كما يمكن تحديده للمنتج النهائي للمطحنة.

العمل على اعتماد فكرة حساب درجة التنعيم في المطاحن لزيادة ضمان التحكم في عمل المطاحن.

المراجع

1. د.خرفان ، سعد الدين ، هندسة كيميائية العمليات المشتركة الميكانيكية ، جزء ثالث , جامعة البعث ، كلية الهندسة البترولية والكيميائية 1981.

2. Posner , E and Hibbs , A ,1997, wheat flour milling , AACC , USA , 341 PP
3. Dexter, J. E and Edwards , N.M , 1998 ,June, AOM Bolletin, 7115.
4. Kartasis, P., 1996, Evaluation of Particle Breakage through the Milling Process, Master Thesis, Department of Chemical Engineering, Manchester, UK.
5. 2001, Break releases crucial to mill efficiency, World grain, August, 2001.
6. Baker, S. and Herrman, T., 1995, Evaluating Particle Size, Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan
7. Bunn, J., 2000, BREAK RELEASES -Their importance to the miller, AOM Technical Conference, Antalya, Turkey.

الفهرس

تقانة إنتاج الطحين 5

التركيب التشريحي لحبة القمح anatomic structure of wheat 5

إنتاج الدقيق 7

الصفات العامة لآلة الطحن الاسطوانية 8

أبعاد الاسطوانة 10

السرعة النسبيةRoll deferential 11

الأسنان Roll Corrugations (flutes) 11

الميل 14

المسافة الفاصلة (الفجوة) Roll gap 15

تأثير اختلاف السرعة والفجوة والأسنان على طحن القمح 16

متغيرات الطحن 16

تقنية الطحن 16

آلة الطحن الاسطوانية 17

نظام الكسرات 18

تدريج المنتجات 20

نظام الفصل في مطاحن الدقيق 20

النخل 21

المناخل Plansifter 22

العوامل المؤثرة في النخل **25**
شكل الحبيبة 25
حركة المناخل 25
حمولة المناخل 26
هندسة سطح المناخل 26

النخل التجريبي **27**

الاختلافات بين المناخل المخبرية والمناخل الآلية **28**
الاختلافات في آلية العمل 28
الاختلافات في عدد المناخل 28
الاختلافات في حركة المناخل 28

خطوات تحديد توزع حجم الحبيبات **29**

تحليل معطيات النخل **29**
منحني توزع الحبيبات 30
منحي توزع حجم الحبيبات التكاملي 32

التحكم في المطحنة 34

ضبط نسب التنعيم في المطحنة Break Release Adjustment in the Mill **34**

أهمية درجة التنعيم **37**

التحكم بالتحبب Granulation Control **38**

أولا : المواد المستخدمة **41**

ثانيا : التجارب المجراة **42**
الاختبارات الفيزيائية Physical Tests 42

قياس حجم حبات القمح	42
قياس قساوة القمح	42
تجربة النخل للجريش	43
اللون	43
الاختبارات الكيميائية Chemical Tests	43
الرطوبة Moisture	43
الرمادAsh	43
الاختبارات التقنية Technical Tests	44
رقم السقوط Falling number	44
الغلوتين Gluten	44
ثالثا : النتائج	**45**
أولا : الاختبارات الفيزيائية	45
حجم حبات القمح	45
قساوة القمح	46
منحنيات التنعيم	47
اللون	**Error! Bookmark not defined.**
ثانيا:الاختبار التقنية على الدقيق	54
رابعا :الاختبارات الكيميائية للدقيق	55
المقترحات	**57**
المراجع	**59**