

С. Д. ХУСИД

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ВАЛЬЦЕВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 25 X 1952)

Механизм тонкого измельчения твердых тел на валках с шероховатыми поверхностями в принципе подобен процессу шлифования (1) и в значительной мере определяется структурно-механическими свойствами измельчаемого материала, кинетикой движения измельчаемых частиц относительно валков и характером (микрогометрией) поверхности валков.

Представляет интерес изучение некоторых закономерностей, характеризующих влияние указанных факторов на процесс измельчения различных материалов.

Закономерности диспергирования исследованы нами при измельчении обогащенных частиц (крупок), полученных при избирательном дроблении зерна пшеницы различных сортов, а также и других семян. Измельчение производилось на фарфоровых валках (с чистой поверхностью  $H_{ск} = 0,5 - 0,7 \mu$ ), чугунных с абразивно-шлифованной поверхностью ( $H_{ск} = 4,5 \mu$ ) и на валках с нарезными поверхностями (16 рифлей на 1 см окружности валка). Во всех опытах применялись валки с одинаковыми размерами (диаметр  $D = 300$  мм и длина  $L = 500$  мм). Исследовано влияние отношения окружных скоростей валков ( $v_6/v_m = K$ ) и относительной скорости валков ( $v_6 - v_m = v_0$ ), а также влияние влажности как понизителя твердости (2) на процесс измельчения крупок. Эффект измельчения оценивался по величине вновь образованной поверхности в единицу времени ( $\text{см}^2/\text{сек}$ ), расходу энергии ( $\text{вт} \cdot \text{сек}/\text{см}^2$ ) и качеству продукта, полученного в процессе измельчения.

Исследования дают возможность сделать следующие выводы.

1. Показатели диспергирования зависят от  $K$  (см. рис. 1), причем оптимальные величины отношения окружных скоростей валков  $K_0$  отличаются от величины унифицированного отношения окружных скоростей валков, принятого в промышленности для измельчения частиц ( $K = 1,5$ ).  $K_0$  зависит, главным образом, от характера поверхности валков, так что применение всегда одного и того же отношения окружных скоростей валков ( $K = 1,5$ ) не может считаться обоснованным.

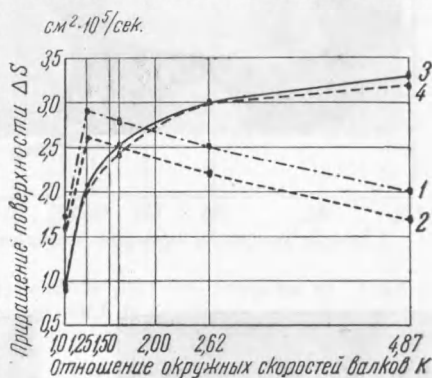
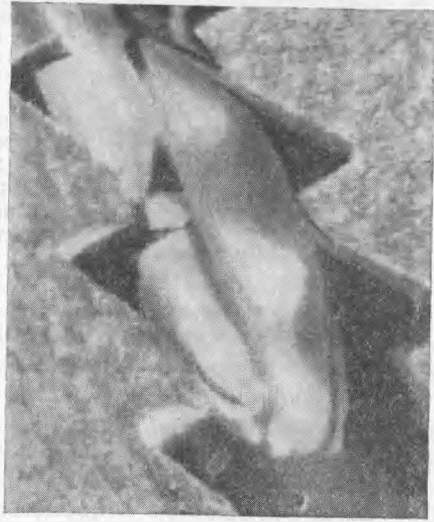


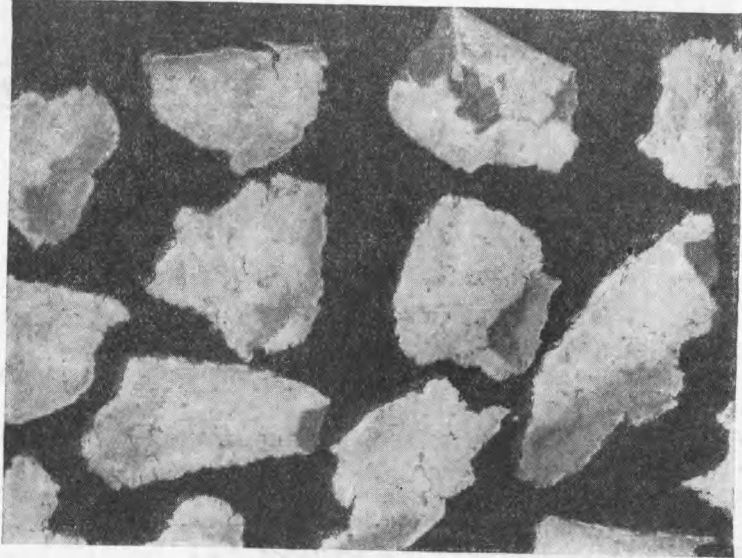
Рис. 1. Кинетика измельчения частиц при различных отношениях окружных скоростей валков. 1 — фарфоровые валки; 2 — абразивно-шлифованные валки; 3 — нарезные валки с расположением граней рифлей „острие по острию“; 4 — то же с расположением граней рифлей „спинка по спинке“



а



б



в

Рис. 2. Огдельные кадры съемки процесса измельчения частиц зерна. а — зерно подвергается деформации сжатию; б — зерно подвергается деформации сдвига; в — хлопья, полученные в процессе измельчения частиц зерна пшеницы среднего размера 0,163 мм

2. При  $K > K_0$  степень измельчения на валках фарфоровых и абразивно-шлифованных резко снижается. Это явление можно объяснить следующим. Известно, что при вращении валков с одинаковыми окружными скоростями ( $K = 1$ ) частицы подвергаются лишь деформации сжатия (см. рис. 2а). По мере увеличения  $K$  получает преобладающее значение деформация сдвига, приводящая к скалыванию (см. рис. 2б). Наконец, при  $K > K_0$  скалывающее напряжение  $\tau$  достигает предела текучести  $\tau_s$ , вследствие чего в процессе деформации получают тонкие крупные хлопья — чешуйки (см. рис. 2в); в результате снижается степень измельчения. Указанное явление особенно резко проявлялось в случае измельчения ядра семян арахиса и кунжута, превращавшихся как бы в жидкую массу. Это полностью соответствует представлениям, согласно которым с изменением характера силового воздействия и окружающей среды твердое тело при деформации переходит в другую категорию и по своим механическим свойствам может приближаться к жидкостям (3).

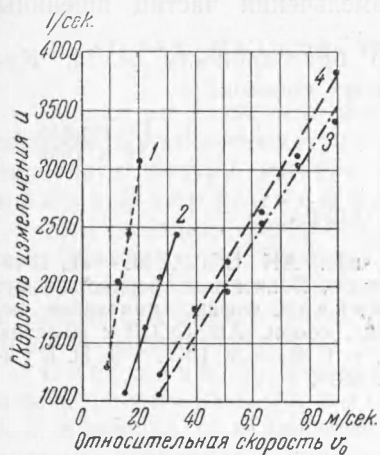


Рис. 3. Скорость измельчения частиц при различной относительной скорости валков. Обозначения кривых те же, что на рис. 1

3. Степень измельчения частиц на валках с нарезными поверхностями с увеличением  $K$  от 1 до  $K_0$  увеличивается, однако не прямо пропорционально расчетному числу воздействия рифлей. При  $K > K_0 = 4,80$  степень измельчения практически не увеличивается. Объясняется это тем, что при  $K > K_0$  некоторое число рифлей в зоне измельчения не воздействует на частицы продукта. Проведенные нами впервые ускоренные киносъемки процесса измельчения зерна на валках подтвердили, что при  $K > K_0$  длина пути обработки частиц резко сокращается и измельчение прекращается еще до пересечения частицами линии центров валков.

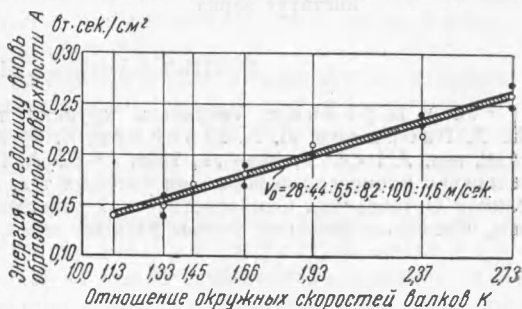


Рис. 4. Изменение расхода энергии на единицу вновь образованной поверхности в зависимости от отношения окружных скоростей валков

4. При постоянном  $K$ , с увеличением  $v_0$  степень измельчения изменяется незначительно, хотя скорость измельчения ( $u = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ) увеличивается пропорционально  $v_0$  (см. рис. 3).

Всесторонние исследования качества муки, полученной при измельчении частиц на валках с повышенными окружными скоростями 14—15 м/сек вместо принятых в промышленности 5,5—6 м/сек, показали, что зольность и цвет муки, а также объем и цвет хлеба не изменяются в пределах точности анализа. Следовательно, представляется возможным путем увеличения окружных скоростей валков увеличить их производительность по сравнению с существующей в настоящее время в два и более раза.

5. Расход энергии на единицу вновь образованной поверхности  $A$  с увеличением  $K$  также увеличивается (см. рис. 4). При любом постоянном  $K$  с увеличением  $v_0$  степень измельчения изменяется незначительно, хотя скорость измельчения ( $u = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ) увеличивается пропорционально  $v_0$  (см. рис. 3).

Всесторонние исследования качества муки, полученной при измельчении частиц на валках с повышенными окружными скоростями 14—15 м/сек вместо принятых в промышленности 5,5—6 м/сек, показали, что зольность и цвет муки, а также объем и цвет хлеба не изменяются в пределах точности анализа. Следовательно, представляется возможным путем увеличения окружных скоростей валков увеличить их производительность по сравнению с существующей в настоящее время в два и более раза.

5. Расход энергии на единицу вновь образованной поверхности  $A$  с увеличением  $K$  также увеличивается (см. рис. 4). При любом постоянном  $K$  с увеличением  $v_0$  степень измельчения изменяется незначительно, хотя скорость измельчения ( $u = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ) увеличивается пропорционально  $v_0$  (см. рис. 3).

ном значении  $K$  с увеличением окружных скоростей обоих валков величина  $A$  остается постоянной при изменении скорости быстро вращающегося валка от 2,8 до 14 м/сек.

Наибольший расход энергии соответствует измельчению частиц на валках с абразивно-шлифованной поверхностью, а наименьший — на валках с нарезными поверхностями.

6. В работе Я. Н. Куприца <sup>(1)</sup> устанавливается возможность интенсификации процесса избирательного измельчения различных культур зерна за счет более удачного распределения влаги в зерне. Нашими опытами выявлено, что увлажнение на 1% крупных частиц (полученных при измельчении пшеницы II типа Куйбышевской обл.) позволяет увеличить вновь образуемую поверхность на 6—8%. Следовательно, общий характер адсорбционного понижения твердости, установленного П. А. Ребиндером <sup>(2)</sup>, имеет место также и при измельчении частиц пшеницы валками.

В заключение автор приносит глубокую благодарность Я. Н. Куприцу и акад. П. А. Ребиндеру за ряд ценных советов.

Всесоюзный научно-исследовательский  
институт зерна

Поступило  
16 X 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Л. А. Шрейнер, Твердость хрупких тел, изд. АН СССР, М.—Л., 1949.  
<sup>2</sup> П. А. Ребиндер, Л. А. Шрейнер, К. Ф. Жигач, Понижители твердости в бурении, изд. АН СССР, М.—Л., 1944. <sup>3</sup> П. А. Ребиндер, Физико-химические исследования процессов деформации твердых тел, Юбил. сборн. АН СССР к 30-летию Великой Октябрьской Социалистической революции, ч. 1, М.—Л., 1947. <sup>4</sup> Я. Н. Куприц, Физико-химические основы размола зерна, М., 1946.