Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

50X1-HUM

Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

STAT

ВИБРАЦИОННЫЕ МЕЛЬНИЦЫ И ИХ ИСПЫТАНИЯ

Кандидаты техн. наук САПОЖНИКОВ М. Я. и КУГЕЛЬ Р. В.

Вибрационные мельницы являются эффективным типом машин для тонкого измельчения и найдут широкое применение в народном хозяйстве для получения самых разнообразных тонкодисперсных материалов.

Вибрационные мельницы эффективно применяются при производстве строительных материалов и деталей. Как показали исследования, произведенные СКБ Министерства промышленности строительных материалов СССР и другими организациями, тонкое измельчение расширяет возможности получения высококачественных вяжущих из местных строительных материалов (извести, песка, шлаков, зол, отжиговых остатков и др.), а также повышает прочность строительных деталей. Так, например, тонкое измельчение песка, используемого для силикатных автоклавных деталей, повышает их прочность в несколько раз. Тонкоизмельченные песок и известь могут заменить цемент при производстве шифера; домол на вибромельницах цемента, применяемого для изготовления железобетонных изделий, повышает его активность и ускоряет сроки твердения и т. д.

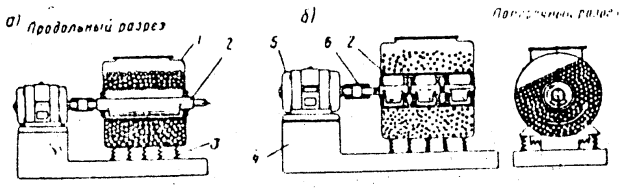


Рис. 1. Схема устройства вибрационной мельницы

а — модель М200-1,5; *б* — модель М200-3; *1* — корпус; *2* — вибратор, *3* — упругая пружинная подвеска; *4* — опорная рама; *5* — электродвигатель; *6* — упругая соединительная муфта

Общий вид и устройство вибрационной мельницы типа М200 показаны на рис. 1 и 2. Основными узлами мельницы являются: цилиндрический корпус *1*, вибратор *2*, упругая пружинная подвеска *3*, опорная рама *4*, электродвигатель *5* и упругая муфта *6*, соединяющая вал вибратора с электродвигателем. Вибратор состоит из двух напресованных одна на другую труб, между которыми циркулирует вода, охлаждающая подшипники, а также смонтированного в подшипниках дебалансного вала, цельного у вибрационной мельницы М200-1,5 и разрезного у вибрационной мельницы М200-3. При вращении дебалансного вала возникают колебания корпуса мельницы по замкнутой траектории с частотой, соответствующей числу оборотов, т. е. около 25 *гц* у вибрационной мельницы М200-1,5 и 50 *гц* у мельницы М200-3.

Более новые образцы вибромельницы на четырех пружинах показаны на рис. 3. В этих образцах облегченная рама имеет П-образную форму, благодаря чему открывается свободный доступ к любому месту корпуса, а разгрузка материала из мельницы становится более удобной.

Для получения таких тонкодисперсных материалов, которые требуются в сравнительно небольших количествах, создана вибрационная мельница М10 емкостью 10 *дм*³, показанная на рис. 4. Технические характеристики вибрационных мельниц, разработанные СКБ МПСМ СССР, приведены в табл. 1.

Производительность вибрационных мельниц колеблется в широких пределах в зависимости от режима измельчения, свойств измельчаемого материала и тонкости помола.

Вибрационные мельницы можно применять как для сухого, так и для мокрого помола. При сухом помоле наиболее эффективна схема комплексной вибропомольной установки, показанная на рис. 5. Измельчаемые материалы загружаются в сдвоенный приемный бункер *1* и дозаторами *2* подаются в заданных соотношениях в мельницу *3* с внутренней перегородкой. Вентилятор высокого давления *4* через

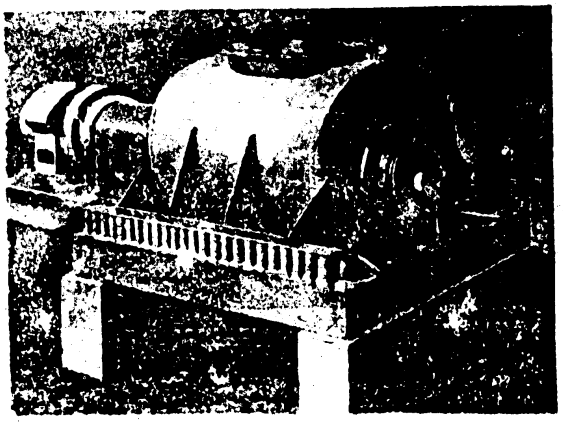


Рис. 2. Общий вид вибрационной мельницы М200

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

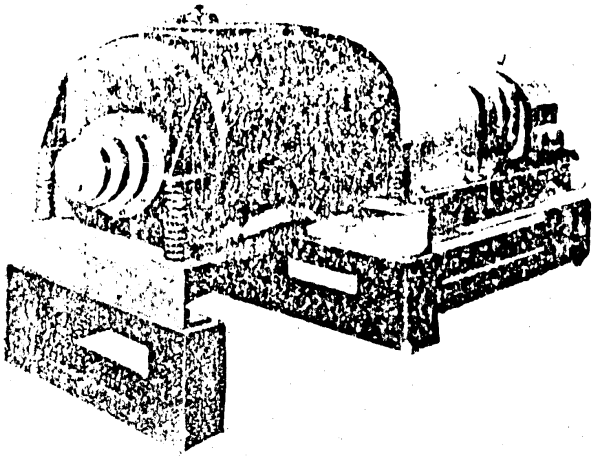


Рис. 3. Вибрационная мельница типа М200 на четырех пружинах (одно ограждение снято)

трубопровод 7 нагнетает воздух внутрь мельницы, сдувая частично измельченный материал, который выносится на поверхность мелющих тел при их циркуляции вокруг корпуса вибратора. Далее поток воздуха с содержащимся в нем материалом проходит классификатор 5, где тонкие частицы отделяются и затем осаждаются в циклоне 6; грубые частицы из классификатора 5 возвращаются на домол в мельницу. Регулировка скорости в потеме производится дроссельной заслонкой. Часовая производительность такой установки с мельницей М200-1,5 при работе на сухом кварцевом песке, известково-песчаных и известково-известняковых смесях составляет 225—300 *кг* продукта с удельной поверхностью 4 000—4 500 *см²/г* по Товарову при остатке на сите 10 000 *отв/см²* не более 2—5%.

На рис. 6 показан другой вариант комплексной вибропомольной установки, отличающийся тем, что в этом случае частично измельченный продукт не сдувается с поверхности шаров, а выбрасывается из мельницы в трубопровод, где подхватывается потоком воздуха, идущим в классификатор.

В ряде случаев, например, при домоле цемента, целесообразнее применять непрерывный процесс работы «на проход» без воздушной классификации. При этом измельчаемый материал подается в дозируемых количествах в верхний крайний люк и, пройдя через установку, выходит в виде готового продукта через нижний люк в противоположном ее конце.

Таблица 1

Технические характеристики вибрационных мельниц

Наименование показателей	Модели		
	М10	М200-1,5	М200-3
Объем корпуса в *дм³*	10	200	200
Частота колебаний в 1 мин	3 000	1 500	3 000
Амплитуда колебаний в *мм*	3	3	2
Дебалансный момент в *кгсм*	13	140—175	65
Вес мелющих тел в *кг*:			
стальных шаров или роликов	36	740	740
фарфоровых шаров	11	240	240
Мощность электродвигателя в *квт*	4,5	14	20
Общий вес (без мелющих тел) в *кг*	185	700	720
Габаритные размеры в *мм*:			
длина	1 070	1 980	1 980
ширина	450	980	980
высота (с деревянной подставкой)	770	1 360	1 360

Образцы мельниц подвергались длительным испытаниям, в процессе которых исследовались следующие параметры: основные конструктивно-технологические показатели (амплитуда колебаний, потреб-

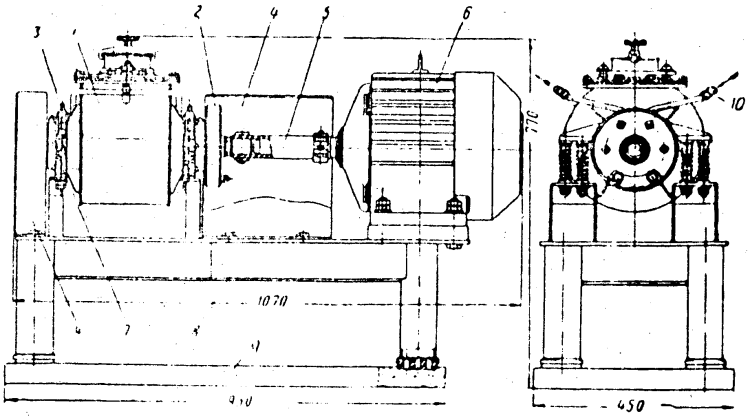


Рис. 4. Вибрационная мельница М10 лабораторного типа

1 — корпус, *2* — дебаланс вибратора, *3* — хомуты крепления корпуса, в которых он может опрокидываться для высыпания материала; *4* — ограждение, *5* — упругая соединительная муфта, *6* — электродвигатель; *7* — пружина упругой опоры; *8* — рама; *9* — основание, *10* — подача и отвод охлаждающей воды

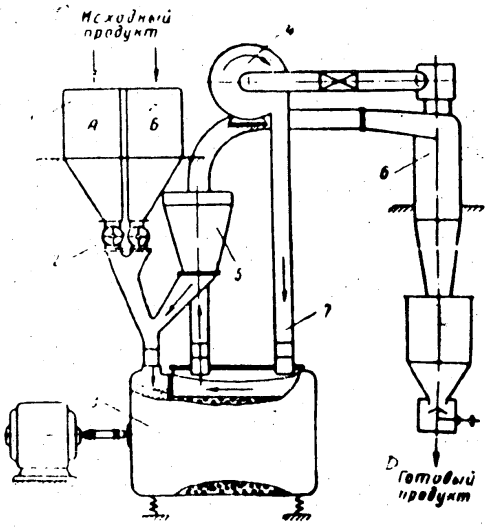


Рис. 5. Схема комплексной вибропомольной установки № 3 СКБ

1 — приемный бункер (*А* и *Б*); *2* — дозатор с механическим приводом; *3* — вибрационная мельница М200; *4* — вентилятор высокого давления; *5* — воздушно-проходной классификатор; *6* — циклон с промежуточным бункером и мигалкой; *7* — система трубопроводов

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

ляемая мощность, циркуляция мелющих тел, вес элементов конструкции и т. п.), технологическая эффективность, т. е. способность вибрационной мельницы измельчать разнообразные материалы в различных условиях, долговечность, надежность, удобство эксплуатации, тепловая напряженность, а также ремонтоспособность конструкции.

В настоящей статье излагаются некоторые данные по наиболее сложным разделам испытаний мельниц — долговечность и технологическая эффективность.

В отличие от других машин, у которых напряженность деталей обычно может быть снижена путем увеличения их размеров, возможность увеличения сечений и веса деталей вибрационных мельниц ограничена. Это происходит потому, что возрастание колеблющихся масс требует затраты дополнительной энергии на привод и снижает эффективность машины. Анализируя возможные причины разрушения основных узлов и деталей вибрационных мельниц, следовало в первую очередь ожидать явлений усталости металла в корпусах мельницы и вибратора, в подшипниках вибратора и пружинах упругой подвески.

Источником усталостного разрушения являются обычно наиболее слабые места материала, статистически распределенные по его объему, либо зоны концентрации напряжений, обусловленные формой детали, резкими переходами сечений, повреждениями поверхности, технологическими и другими дефектами. Известно, что напряжения в детали, даже определенные опытным путем, могут не согласовываться с результатами, полученными при ее испытании на усталость, так как исследования напряжений характеризуют весь объем металла, а испытания на усталость — наиболее слабое место в материале и конструкции. Зависимость между напряжением в детали и сроком ее службы до разрушения от усталости в общем виде выражается уравнением

$$N = \left(\frac{A}{\sigma}\right)^m,$$

где N — число циклов до разрушения;

σ — напряжение;

A — постоянный коэффициент;

m — показатель степени, характеризующий угол наклона кривой усталости в логарифмических координатах.

Вследствие степенной зависимости между напряжением и долговечностью небольшому изменению напряжения нередко соответствует весьма значительное изменение долговечности. Например, как видно из приведенного на рис. 7 графика усталости клапанных пружин, уменьшение напряжения на 4% увеличивает число циклов до разрушения в 10 раз.

По указанным причинам испытаниям на усталость неизменно сопутствует весьма значительное рассеивание результатов. Для количественной характеристики этого явления на рис. 8 и 9 приведены типичные кривые рассеивания показателей долговечности некоторых деталей, применяемых в вибрационных мельницах, — шариковых и роликовых подшипников, рессор, болтов. Как видно из этих рисунков,

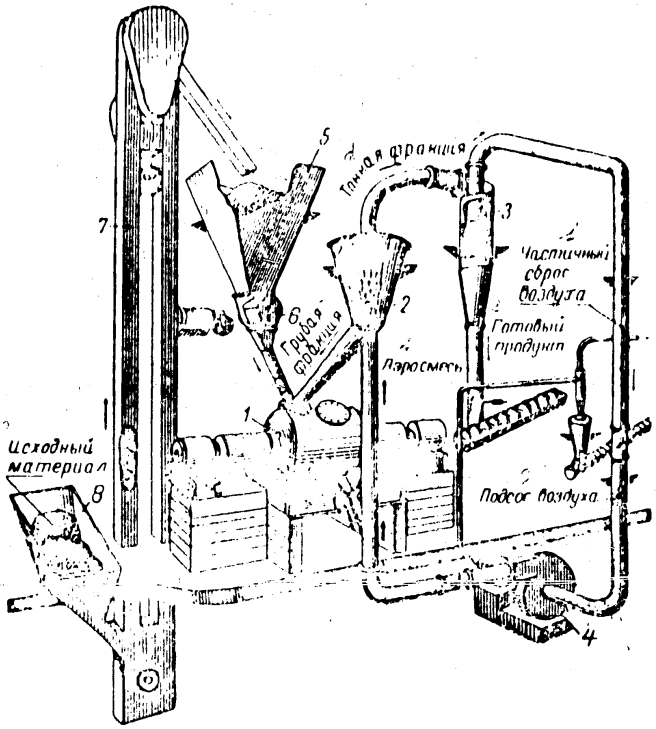


Рис. 6. Схема комплексной виброномольной установки № 2 СКБ

1 — вибрационная мельница М200; 2 — классификатор; 3 — циклон; 4 — вентилятор; 5 — загрузочный бункер; 6 — дозатор; 7 — элеватор; 8 — бункер элеватора

изменение долговечности деталей в несколько раз является обычным; что же касается пределов рассеивания, то они еще более значительны. При стендовых испытаниях высококачественных шариковых подшипников одной партии в количестве около 30 шт. срок службы наиболее долговечного подшипника, например, отличался от срока службы наименее долговечного в 40 раз. Таким образом, для достоверного определения срока службы деталей до разрушения от усталости необходимо испытать значительное число образцов.

Изложенные соображения относятся к деталям, напряжения в которых в наиболее слабом их месте превышают напряжения предела выносливости, а также к подшипникам качения, для которых наличие предела выносливости вообще не установлено. Однако не следует думать, что конструкцию, работающую вне зоны усталостных разрушений (рис. 10, интервал *IV*), достаточно испытать на одном образце. Каждый образец машины имеет свои индивиду

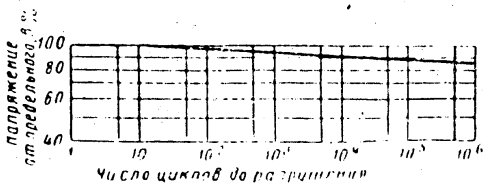


Рис. 7. Кривая усталости клапанных пружин

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

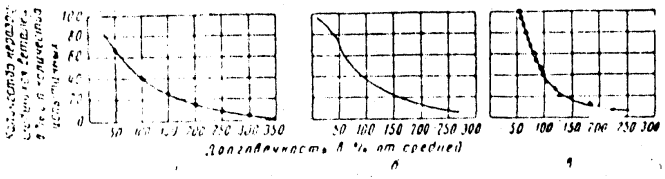


Рис. 8. Кривая рассеивания долговечности деталей, разрушающихся от усталости

а — роликовые подшипники; *б* — шариковые подшипники; *в* — болты

альные особенности, определяемые многими причинами: колебаниями в качестве деталей в пределах, допускаемых техническими условиями на изготовление; колебаниями зазоров в сопрягаемых деталях в результате того или иного сочетания допусков на изготовление; отклонениями от чертежа при изготовлении, сборке и монтаже.

В некоторых случаях все эти особенности способствуют получению благоприятных результатов испытаний, в некоторых случаях — наоборот. При проведении испытаний на одном образце резко снижается вероятность выявления недостатков, которые неизбежно проявятся на группе образцов. Кроме того, явлениям износа также свойственно рассеивание, хотя и не в столь больших пределах, как при разрушении от усталости, но все же значительное, нередко в 2—3 раза[1].

Все эти обстоятельства были учтены при создании вибрационных мельниц. Сравнительно быстрое выявление и устранение недостатков конструкций, а также технологии их изготовления были достигнуты благодаря организации испытаний в широких масштабах на значительном числе образцов, причем конструирование каждой следующей модели проводилось на основе результатов испытаний предыдущей серии — обычно 5—6 машин. Общее количество образцов, построенных и испытанных перед выпуском двух типов машин, показанных на рис. 2—4, превышает 80. Все испытания долговечности и надежности проводились в условиях, близких к эксплуатационным.

Надежность образцов промышленной серии вибрационных мельниц М200-1,5, т. е. их способность работать длительно и безотказно в условиях, более тяжелых, чем эксплуатационные, была проверена специальными непрерывными испытаниями 4 образцов на протяжении 1 000—1 200 час.

В процессе совершенствования конструкции основных деталей вибрационных мельниц срок их службы неуклонно возрастал, и по мере замены одних опытных образцов другими число циклов до разрушения деталей передвигалось из интервала *II* в интервал *III* и, наконец, в интервал *IV* кривой усталости, схематически изображенной на рис. 10. Если в первой серии опытных образцов вибрационных мельниц разрушения корпусов в зоне приварки люков произошли после 10—30 час. работы, то уже в следующей группе образцов в результате изменения формы люков и устранения концентрации напряжений наблюдался только один случай возникновения трещины после 650 час. работы. Образцы корпусов промышленного типа работали более 6 000 час. (около 10^9 циклов) без признаков усталости.

Испытания сварной конструкции корпуса вибратора на большой группе машин целиком подтвердили высказанные выше соображения о рассеивании: поломки корпусов вибраторов первых опытных образцов происходили в пределах от 25 до 500 час. (т. е. рассеивание в 20 раз). Дальнейшее усовершенствование конструкции с устранением сварки корпуса вибратора полностью ликвидировало его поломки.

Поломки сепараторов подшипников вибратора, происходившие на первых образцах после нескольких сотен часов работы, были устранены заменой шариковых подшипников со стальным штампованным сепаратором на сферические роликовые подшипники с массивным сепаратором из латуни. Образование зазоров в цилиндрическом разъемном соединении корпуса вибратора с корпусом мельницы и разрушение соединений, происходившее в первых образцах, совершенно прекратилось с переходом на конструкцию с конической затяжкой, при которой зазоры в соединении отсутствуют.

Характерным примером развития конструкции элементов вибрационных мельниц являются упругие опоры. В первых моделях в качестве упругой опоры были применены заполненные газом резиновые шары, расположенные в два или три ряда по вертикали под днищем корпуса мельницы. Они хорошо амортизировали колебания, но в обычных условиях эксплуатации работали всего 30—50 час., после чего резина протиралась и шары теряли упругость. В следующих моделях под днищем корпуса были

[1] Р. В. Кугель, Из опыта испытаний двигателей, «Вестник машиностроения» № 10, 1952.

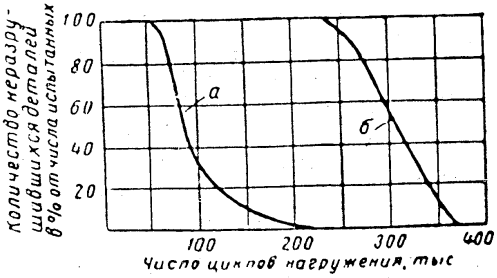


Рис. 9. Кривые рассеивания долговечности при испытаниях на усталость листовых пружин

а — обдутых дробью; *б* — не обдутых дробью

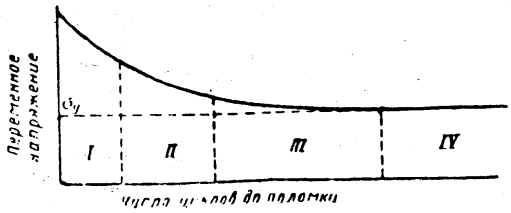


Рис. 10. Схематическое изображение кривой усталости

I — зона циклов циклической перегрузки; *II* — зона преждевременных усталостных разрушений; *III* — зона усталостных разрушений при длительной работе; *IV* — усталостные разрушения не возникают

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

установлены цилиндрические пружины. Конструкция получилась сложной, пружины были недоступны осмотру и смазке, кроме того, нередко возникали перекосы пружин при монтаже, что сокращало срок их службы. Не было также доступа к днищу корпуса.

Вибрационная мельница промышленного типа М200 смонтирована на двух рядах небольших пружин, расположенных вдоль корпуса (рис. 2); при этом устранен их перекос, они доступны для регулярного осмотра и смазки; открыт доступ к днищу корпуса, в котором расположен выгрузочный люк. В этой модели применены клапанные пружины автомобильных двигателей, подвергаемые обдувке дробью для повышения усталостной прочности; высокое качество пружины в этом случае сочетается с низкой ее стоимостью.

Проведенные в лабораторных условиях длительные испытания вибрационных мельниц со стальными шарами и периодически заменяемым сухим песком в качестве балласта показали умеренный износ корпусов. Повидимому, снижению износа способствует интенсивный наклеп внутренней поверхности корпуса в результате высокочастотного воздействия мелющих тел. Миллионы ударов небольшой силы воспринимаемых внутренней поверхностью корпуса уплотняют ее и несомненно оказывают положительное ее влияние на механические свойства. Однако это интересное явление пока не изучено.

В эксплуатационных условиях при непрерывной подаче измельчаемого материала следует ожидать несколько большего износа, чем в лабораторных условиях — при периодической замене балласта.

При помоле высокоабразивных материалов, например кварцевых песков, внутри вибрационной мельницы устанавливаются сменные щитки, предохраняющие торцы корпуса от износа и повышающие срок его службы.

Технологические испытания каждой новой модели вибрационной мельницы состоят из двух основных этапов: первый — определение оптимального режима измельчения, т. е. наивыгоднейшей амплитуды колебания корпуса мельницы, количества загружаемого материала и мелющих тел, их размера, выбор метода измельчения (мокрого или сухого, периодического или непрерывного, «на проход» или в замкнутом цикле, с классификацией или без нее), выбор способа загрузки и выгрузки; второй — определение производительности и энергозатрат при измельчении данного материала до заданной дисперсности при каждом исследуемом режиме.

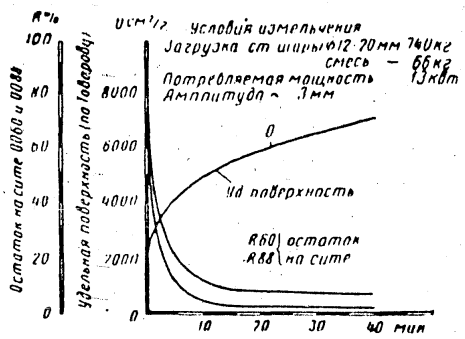


Рис. 12. Зависимость удельной поверхности (O) и остатков на ситах 0060 и 0088 (R_{60} и R_{88}) от времени измельчения смеси (известь, известняк, гипс) на вибрационной мельнице М200-1,5

Объем технологических испытаний обычно весьма велик, так как для получения достоверных данных приходится проводить большое число опытов. Кроме того, опыты производятся с учетом неоднородности измельчаемых материалов (например, песков различной влажности, дисперсности и с различным содержанием глины, извести из разных карьеров и т. д.). В ряде случаев объем испытаний возрастает из-за отсутствия у промышленности точных данных о требуемой оптимальной дисперсности. Это объясняется тем, что до настоящего времени возможность получения различных тонкодисперсных материалов была весьма ограничена и, естественно, достаточный опыт их применения не накоплен.

В результате испытаний построены кривые, характеризующие дисперсность измельчаемого продукта в зависимости от длительности измельчения (рис. 11 и 12) и от энергозатрат (рис. 13) при

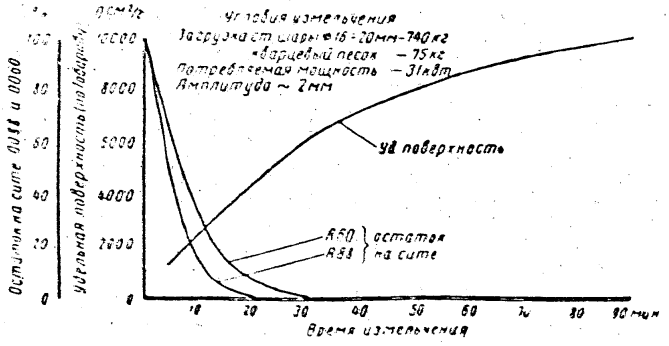


Рис. 11. Зависимость удельной поверхности (O) и остатков на ситах 0060 и 0088 (R_{60} и R_{88}) от времени измельчения вольского кварцевого песка на вибрационной мельнице М200-3.

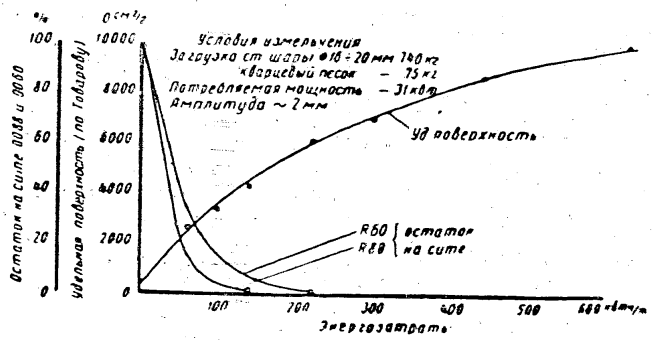


Рис. 13. Зависимость удельной поверхности (O) и остатков на ситах 0088 и 0060 (R_{88} и R_{60}) от энергозатрат на измельчение вольского кварцевого песка на вибрационной мельнице М200-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

VIBRATORY GRINDING MILLS AND THEIR TESTING

(Translation of: M. Ya. Sapozhnikov and R.V. Kugel (Candidates of technical sciences). Vibratsionnye mel'nitsy i ikh ispytaniya. Mekhanizatsiya Stroitel'stva (8):3-8, 1955)

Vibratory grinding mills are machines remarkably suitable for purposes of fine grinding; they will certainly gain wide distribution in the nation's economy in all cases where there is a demand for one or the other of the finely dispersed materials.

The two main fields in which vibratory grinding machines are used with success are the manufacture of building materials and that of structural parts. Investigations made at the S.K.B. ☆) plant of the Department for the Production of Building Materials of the Union of Soviet Socialist Republics, as well as at other institutions, have shown that fine grinding techniques open possibilities for manufacturing high-quality binding materials from a great variety of local raw materials (such as lime, sand, slag, ashes, hearth residues, etc.); these investigations have also demonstrated the increased strength of structural parts made of finely ground materials. Thus, to cite a few examples, if sand used in manufacturing silicate antoclave parts is submitted to fine grinding, the mechanical strength of the product is thereby increased several times; finely ground sand and lime may be used as a substitute for cement in slate manufacture; additional vibratory grinding of cement destined for reinforced concrete both increases its activity and accelerates hardening, etc.

The outside view and construction of vibratory grinding mill type M200 are shown in Figs. 1 and 2. The following are the main structural members of the machine: cylindrical body 1, vibrator 2, elastic suspension consisting of springs 3, supporting frame 4, electric motor 5, and elastic sleeve 6 connecting the shaft of the

☆) Translator's note. The meaning of this abbreviation is unknown to me. It seems to indicate an institution for developing machines for the building industry.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

vibrator with the electric motor. The vibrator consists of 1) two pressed-on pipes between which circulates water that cools the bearings, and 2) an unbalanced shaft, resting on those those bearings and made either in one piece as in vibratory grinding mill M200-1.5, or in several pieces as in vibratory grinding mill M200-3. The rotation of

Fig. 1. Diagram of vibratory grinding mill.
a = model M200-1.5. (Red mark) b = model M200-3; 1 = body; 2 = vibrator; 3 = springs of elastic suspension; 4 = supporting frame; 5 = electric motor; 6 = elastic coupling sleeve.* (In the illustration: red mark c = longitudinal section; red mark d = transverse section.)

the unbalanced shaft generates vibrations in the body of the machine, vibrations that form a closed trajectory curve and have a frequency corresponding to the number of revolutions per second, viz. a frequency of about 25 1500 RPM c/sec in vibratory grinding mill M200-1.5 and a frequency of 50 c/sec in model M200-3. 3000 RPM

Fig. 2. General view of vibratory grinding mill M200.

An example of more recent models of vibratory mills, in which the body rests on four springs only, is shown in Fig. 3. In these models the frame is lighter than in the former models and has a n-shaped plan which permits easy access to all parts of the body and, moreover, renders more convenient the unloading of the machine.

*Translator's note. In this and the following illustrations Russian letters and Russian captions within the illustration are marked by me in red on the photostat; their meaning is then given in the translation.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Vibratory grinding mill M10, shown in Fig. 4, has a working capacity of 10 dm^3; it has been devised for cases when relatively small amounts of a finely-dispersed material are required.

Table 1 gives the technical characteristics of the various models of vibrating grinding machines, developed at the S.K.B. plant of the Department for the Production of Building Materials of the Union of Soviet Socialist Republics.

Fig. 3. Vibrating grinding mill type M200 resting on four springs. (One part of the frame is removed.)

The efficiency of vibrating grinding mills varies within wide limits and depends on the mode of the grinding procedure, the properties of the material and the desired degree of fineness of the product.

Fig. 4. Vibratory grinding mill M10, laboratory type.
1 = body; 2 = unbalanced member of the vibrator; 3 = collars of the body support, in which the latter can be tipped for unloading of the product; 4 = guard; 5 = elastic connecting sleeve; 6 = electric motor; 7 = spring of the elastic support; 8 = frame; 9 = base; 10 = inlet and outlet of cooling water.

Vibratory grinding machines can be used for both dry and wet grinding. Dry grinding is especially successfully effected with the "compound" vibro-grinding equipment shown

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Table 1. Technical characteristics of vibratory grinding machines.

Characteristics	Models		
	M10	M200-1.5	M200-3
Volume of body in dm^3	10	200	200
Frequency, vibrations per min.	3000	1500	3000
Amplitude of vibrations in mm	3 = 0.118"	3 = 0.118"	2 0.079"
Moment of unbalancein kg-cm	13	140-175	65
Weight of grinding bodies in kg:			
steel balls or rollers	36 = 80#	740 = 1630#	740
porcelain balls	11	240	240
Power of electric motor in kW	4.5	14	20
Total weight (without grinding bodies) in kg	185	700	720
Overall dimensions in mm:			
length	1070	1980	1980
width	450	980	980
height (including wood base)	770	1360	1360

in Fig. 5. Materials destined for grinding are loaded into a double feeding bin 1 and, after passing through batchers 2, they enter, now in the desired proportion, into the grinding mill 3 which is separated by a partition into two compartments. High-pressure fan 4 blows air through conduit 7 into the grinding mill; here the air lifts up a mixture of more or less finely ground material from the grinding bodies as they appear on the surface of the charge in the course of their circulation around the vibrator. Then the air stream carrying the ground material passes through a separator 5, where fine grains are separated and finally deposited in the cyclone 6 while coarser grains leave separator 5 to return to the mill for additional grinding. The stream velocity in the system is regulated with the aid of

Fig. 5. Diagram of the compound vibro-grinding equipment No. 3 S.K.B.
1 = feeding bins (A and B); 2 = batcher driven mechanically; 3 = vibratory grinding mill type M200; 4 = high-pressure fan; 5 = pneumatic separator; 6 = cyclone with an intermediary bin and oscillator; 7 = conduit system
In the illustration: red mark C = initial material; red mark D = final product

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

a throttle valve. With materials like dry quartz sand, or mixtures of lime and sand or of lime and limestone, the hourly output of such an equipment, using mill model M200-1.5, is 225-300 kg of product having a specific surface equal to 4,000-4,500 cm^2/g (measured by Tovarov's method) and leaving a remainder not exceeding 2-5% on a screen with 10,000 holes per cm^2.

Another variation of a compound vibratory grinding equipment is shown in Fig. 6. The material, after having been more or less finely ground, is not blown away from the

Fig. 6. Diagram of the compound vibro-grinding equipment No. 2 S.K.B. 1 = vibratory grinding mill type M200; 2 = separator; 3 = cyclone; 4 = fan; 5 = feeding bin; 6 = batcher; 7 = elevator; 8 = bin of the elevator. In the illustration; Red mark a = initial material; Red mark b = suspension of initial material in air; Red mark c = coarse fraction; Red mark d = fine fraction; Red mark e = final product; Red mark f = partial removal of air; Red mark g = additional air.

surface of the balls, as in the preceding case, but drops down into the air line where it is lifted up by the stream of air and transferred into the separator.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

In certain cases, as e.g. in additional grinding of cement, a continuous "creeping" procedure with no pneumatic fractionation is found to be more convenient. Materials to be ground are fed in proper proportions into the upper hole placed at one end of the machine and, in the form of the final product at the lower hole placed at the opposite end.

All of the models of grinding mills were submitted to prolonged tests whose purpose was to investigate the behavior of the following parameters: main structural and functional characteristics (amplitude of vibrations, power required, circulation of grinding bodies, weight of structural members, etc.), technological versatility of the vibratory grinding unit as expressed by its capacity of grinding various materials under various conditions, its span of life, dependability, convenience in handling and supervising, thermal stresses, and readiness to undergo repair.

In the remaining sections of this paper some data will be given concerning the most elaborate of the tests of grinding mills, viz. those of their life span and of their functional characteristics, as defined above.

Unlike machines where stresses in single members can be reduced by increasing the latter's dimensions, vibratory grinding mills admit only very limited increases in section areas and weights of its parts. This is due to the fact that every increase in the masses of vibrating parts is accompanied by an increase in the required driving energy and, consequently, by a decrease in the machine's efficiency. In analysing the possible causes of failure of the principal members and of other parts of a vibratory grinding mill, one naturally thinks of the fatigue phenomena that must be accumulating in the machine's body, in the vibrator, in the latter's bearings, and in the springs of the elastic suspension system.

As a rule, fatigue destructions of a given body are localized either in its weakest points statistically distributed over the whole volume, or in zones of concentrated stresses

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

attributable to the body's shape, sudden variations of cross-section areas, surface injuries, and internal flaws. It should be borne in mind that experimental measurements of stresses in a given mechanical part may not lead to results identical with those obtained from fatigue tests, since stress measurements furnish data which characterize the whole volume of the part examined whereas results of fatigue tests are related to the weakest point in the material or in the structure. The dependence of the lifetime of a part, until its destruction by fatigue, on the stress is expressed by the equation

$$N = (A/\sigma)^m$$

where N is the number of cycles until destruction, σ is the stress, A is a constant coefficient, and m is an exponent measuring the slope of the fatigue curve drawn in logarithmic coordinates.

Owing to the exponential nature of the above dependence of the lifetime on the stresses, small stress changes will frequently produce considerable changes in the lifetime. An example is seen in the fatigue curve of valve springs shown in Fig. 7: to a 4% decrease in stress there corresponds a 10-fold increase in the number of cycles until destruction.

For these reasons, a characteristic feature of all fatigue tests is a considerable dispersion of the results obtained. As a numerical illustration of this statement we give

Fig. 7. Fatigue curve of valve springs. Abscissas: number of cycles until destruction; Ordinates: stress in % of the limit stress.

Fig. 8. Dispersion curves of lifetime characteristics of mechanical parts undergoing fatigue destruction.
a = roller bearings; (Red mark) b = ball bearings; (Red mark) c = bolts; Abscissas: lifetime in % of the average lifetime; Ordinates: number of parts which remained undestroyed in % of the total number of parts tested.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

in Figs. 8 and 9 typical dispersion curves of the lifetime characteristics of some mechanical pieces used in vibratory grinding machines, viz. ball bearings, roller bearings, springs and bolts. As seen from these examples, individual differences are great: lifetimes several times as long in some specimens as they are in other specimens represent the usual picture of the situation; and if limits of the dispersion were considered, the differences would be larger still. Thus, in a lot of about 30 high-quality ball bearings examined with a testing machine, the longest lifetime was found to be 40 times as long as the shortest one. This shows that reliable determinations of lifetimes of mechanical parts until fatigue destruction require tests of a considerable number of specimens.

Fig. 9. Dispersion curves of lifetime characteristics, plotted from fatigue tests of flat springs. a = springs having been submitted to the strengthening action of a stream of small shot; (Red mark) b = springs that have not been so treated; Abscissas: number of load cycles in thousands; Ordinates: number of pieces which remained undestroyed in % of the total number of pieces tested.

The above considerations concern pieces in which stresses localized in their weakest point exceed the limiting resistance value. They also concern all bearings involving rolling elements, for which no such limiting resistance values have yet been determined. However, given a structure working under conditions where fatigue destructions do not occur (Fig. 10, Zone IV), it would be erroneous to presume that in such a case a test involving one specimen only would be sufficient. Each specimen of a machine element has its own individual peculiarities determined by a number of different causes: within accepted limits, manufactured pieces of a given kind are necessarily different; fits between connected pieces are also different within prescribed limits; there occur deviations from the blueprint both in the manufacture of the pieces and their assembly.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

All these peculiarities may so combine as to furnish a favorable test result in one case and an unfavorable one in another. Thus, a single test involving one specimen only will considerably lower the probability of finding defects which necessarily would have become obvious in tests with several specimens. Furthermore, it should be borne in mind that phenomena of wear also present a dispersion of individual results; although not as strong as in fatigue phenomena, this dispersion is important, frequently showing two-fold and three-fold deviations[1].

Fig. 10. Diagram of a fatigue curve. I. zone of breaking due to cyclic overloading; II. zone of early fatigue destructions; III. Zone of fatigue destructions occuring after long periods of work; IV. fatigue destructions do not occur; Abscissas: number of cycles until breaking; Ordinates: alternating stresses.

All the above considerations were taken into account during the development of our vibratory grinding machines. By organizing large scale testing programs, involving considerable numbers of specimens, we were able to discover and to remove rather rapidly the various defects of construction or of manufacture of parts. The design of any subsequent model was based on results of tests performed on its predecessor, which was represented by several specimens, usually 5 or 6 machines. More than 80 machines were tested in this way before the two types illustrated in Figs. 2-4 were offered for distribution. Life span measurements and reliability tests were carried out under conditions approaching those of actual service.

Reliability is defined as the capacity of furnishing prolonged and regular work under more severe conditions than those prevailing in actual service. In the case of our

1) R.V. Kugel, Some knowledge gained from engine testing. Vestnik Mashinostroeniya no. 10, 1952.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

type M200-1.5, now offered for distribution, the reliability was determined in a special series of continuous tests of 4 machines during 1000-1200 hours.

In the course of continuous improving of the construction of the principal members forming our vibratory grinding mills, and in the process of substituting new models of machines for older ones, we observed a continuous increase in the numbers of cycles producing destruction of one or another of the principal members; in fatigue curves similar to that shown diagrammatically in Fig. 10, those numbers of cycles until destruction gradually changed their position, in the course of improvement, from zone II to zone III and finally to zone IV. Whereas in our first series of experimental specimens of vibratory grinding machines destruction of machine bodies near the zone of welding of the hole flanges occured after 10-30 hours of work, in the second series of specimens, in which an improved shape of holes has been adopted and concentrated stresses avoided, only one case of fissuring was observed, and that one after 650 hours of work. As to machines of the type offered for industrial use, their bodies, in specimens tested, worked for over 6,000 hours (i.e. about 10^9 cycles) with no signs of fatigue.

Considerations concerning dispersion of results, which have been discussed above, are well illustrated by the results we obtained in testing vibrator bodies, of welded construction, belonging to a large series of experimental machines. In the first group of machines studied breaking of vibrator bodies occured after working periods ranging from 25 to 500 hours (i.e. with a 20-fold dispersion). Later on, after a new improved construction involving no welding had been introduced, no breaking of vibrator bodies ever occured.

In our first group of experimental machines bearing separators broke after a few hundred hours of work; these accidents were entirely eliminated by replacing stamped steel separators in ball bearings by thick brass separators in spherical roll-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

er bearings. The formation of loose fits in detachable cylindrical connections between the vibrator body and the grinding-machine body, loose fits that led to the destruction of the connections, frequently occured in the first group of machines tested; this defect was definitely removed after the adoption of a conical press-on connection in which loose fits cannot form.

Elastic supports of vibratory grinding mills furnish a typical example of changes and transformations undergone by the structural elements of these machines in the course of our developmental work. In the early models the role of elastic supports was played by rubber balls filled with gas and arranged under the bottom of the machine body in vertical groups of two or three balls. Although quite efficient in damping vibrations, these rubber balls, after only 30-50 hours of service under the usual working conditions, were worn out and devoid of elasticity. Accordingly, cylindrical springs were adopted in subsequent models. The result, however, was not satisfactory: the structure was complicated, the springs were not accessible for inspection and lubrication; not unfrequently the springs were tilted in assembly, a circumstance that reduced their life-span; moreover, the bottom of the machine body was entirely inaccessible.

The vibratory grinding machine type M200, now offered for industrial use, rests on two rows of small springs arranged along the machine body (see Fig. 2). There is no tilting in assembly; the springs are accessible to inspection and lubrication; the access to the machine bottom and, consequently, to the unloading hole, is open and convenient. Springs used in this type of machine are the conventional valve springs of automobile engines which, with a view to increasing their fatigue strength, have been submitted to the action of a stream of small shot; these springs have the advantage of combining high quality with low cost.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

The wear of the body of our vibratory grinding machines is moderate. We verified this point in a series of prolonged tests of machines filled with steel balls and a periodically changed load of dry sand. It may be surmised that the resistance of the body to wear is increased by the strengthening effect of the high frequency hammering of the inner surface by the grinding bodies. No doubt, under the impact of millions of low strength blows, the inner surface layers of the body's wall become denser, a circumstance that certainly improves its mechanical properties. However, this interesting phenomenon has not yet been investigated.

In actual service, with continuous feeding of the initial material, the wear of the body will probably be somewhat higher than in our laboratory experiments in which, as said above, the sand loads were periodically replaced by fresh ones.

Where highly abrasive materials such as quartz sands are ground, it is recommended that exchangeable shields be placed inside the vibratory mill body so as to protect the body ends from wear and to prolong their service.

We shall discuss now the second part of our testing program, viz. tests of what we called above the machine's functional characteristics. For every new model of vibratory grinding mill those tests comprised two main stages. The purpose of the first stage was to establish the optimum "regime" of grinding, composed of such characteristics as the optimum amplitude of vibration of the machine body, amount of material loaded, quantity and size of grinding bodies, the most advantageous method of grinding (whether wet or dry, periodical or continuous, along a "creeping" trajectory or in closed cycle, with or without fractionation), and the most appropriate way of loading and unloading. The second stage consisted of measurements of the machine's efficiency and of the outside energy consumed in grinding a given material

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

to a given degree of dispersion for each of the grinding regimes examined.

The volume of all these different tests of functional characteristics was usually quite large, because reliable data can be obtained only at the price of repeated experimenting. Furthermore, the fact that materials destined for grinding are not identical should be taken into consideration in experiments of that kind (thus, sands may be of different degrees of humidity or of different degrees of dispersion, or they may differ in their clay content; again, limes obtained from limestones of different quarries may differ in properties, etc.). In a number of cases, tests must be multiplied because the particular industry which uses a given material does not possess accurate data concerning optimum dispersion. This situation is due to the fact that, until recently, possibilities of preparing various finely dispersed materials were very limited, and no sufficient experience in their application has yet accumulated.

As a result of these tests, curves have been plotted expressing the degree of dispersion of a ground product as a function of the duration of the grinding procedure (Fig. 11 and 12) or as a function of energy consumed (Fig. 13) for each given regime of grinding[2]. A group of such curves, plotted for different regimes of grinding and for different materials, form the basis for appraising the functional worth of a given grinding machine.

All that has been achieved during the relatively short period of time of developing vibratory grinding mills should, of course, be considered as a first stage only in introducing an entirely new method of fine grinding technology for the various materials employed in the building industry. We are now engaged in a long series of tests of new models of vibratory grinding equipment of large dimensions. Simultaneously, a techno-

---

[2] It should be noted that curves of Figs. 11-13 illustrate the least efficient among the grinding methods, viz. that of periodically worked loads.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Fig. 11. Specific surface (0) and fractions remaining on screens Nos. 0060 and 0088 (R_{60} and R_{88}) as a function of the duration of grinding of quartz sand (from Volsk quarries) in vibratory grinding machine M200-3.
Abscissas: duration of grinding in min.; Ordinates 1) inner scale: specific surface (according to Tovarov's method) in cm^2/g. 2) outer scale: fractions remaining on screens Nos. 0088 and 0060 in %. In the illustration: Red mark a = specific surface; Red mark b = fractions remaining on screens, R_{60} and R_{88}; Red mark c = Grinding Characteristics: Load: steel balls 16-20 mm diameter - 740 kg quartz sand -- 75 kg; power applied ---- 31 kW; amplitude ---- about 2 mm.

Fig. 12. Specific surface (0) and fractions remaining on screens Nos. 0060 and 0088 (R_{60} and R_{88}) as a function of duration of grinding of a mixture (consisting of lime, limestone and gypsum) in vibratory grinding machine M200-1.5. Abscissas: duration of grinding in min; Ordinates: 1) inner scale: specific surface (according to Tovarov's method) in cm^2/g. 2) outer scale: fractions remaining on screens Nos. 0060 and 0088 in %. In the illustration: Red mark a = specific surface; Red mark b = fractions remaining on screen, R_{60} and R_{88}; Red mark c = Grinding Characteristics: Load: steel balls 12-20 mm diameter 740 kg; mixture ---- 66 kg; power applied ---- 13 kW; amplitude ---- about 3 mm

Fig. 13. Specific surface (0) and fractions remaining on screens Nos. 0088 and 0060 (R_{88} and R_{60}) as a function of energy consumed in grinding quartz sand (from Volsk quarries) in vibrating grinding machine M200-3. Abscissas: energy consumed, in kwh/t. Ordinates: 1) inner scale: specific surface (according to Tovarov's method) in cm^2/g. 2) outer scale: fractions remaining on screens Nos. 0088 and 0060 in %. In the illustration: Red mark a = specific surface; Red mark b = fractions remaining on screens, R_{60} and R_{28}; Red mark c= Grinding Characteristics: Load: steel balls 16-20 mm diameter -- 740 kg; quartz sand --- 75 kg; power applied --- 31 kW; amplitude --- about 2 mm.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

logical search is being done with a view to determining possible fields of application and optimum ways of industrial utilization of vibratory grinding equipment. Together with the industrial experience already gained with vibratory mills of type M200 model 1955, these new investigations will contribute to furthering the progress of the technology of fine grinding and of applications of applications of finely ground products in industry.

3/27/56
ps

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

STAT

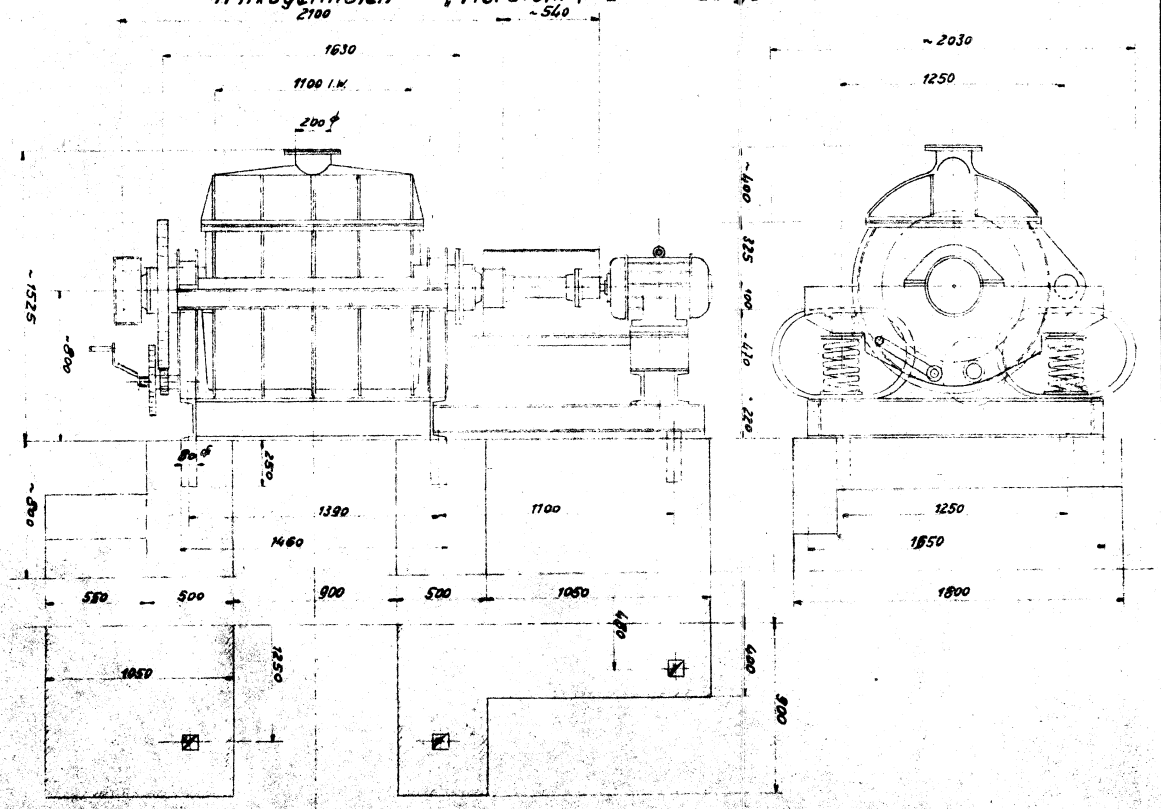
Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3

Moulin Vibratoi[redacted] „Vibratom", 250 l capacit[redacted]utile
Schwingmühle „Vibratom", 250 l Nutzinh[redacted]lt
Oscillating Mill „Vibratom", 250 l net capacity
Trilkogelmolen „Vibratom", 250 l nu[redacted]ige inhoud



Nb 169
1:25
13. 1. 51.

POOR COPY

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/08/28 : CIA-RDP82-00040R000300230009-3