

ЗВУКОВОЙ ИНДЕКС – КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Б. А. Глаговский - И. Б. Московенко

Всесоюзный научно-исследовательский институт абразивов и шлифования,
Ленинград, СССР

Одной из основных характеристик, определяющих физико-механические свойства абразивных инструментов, является твердость, причем различные изготовители изделий вкладывают в это понятие различный смысл, определяемый, с одной стороны, комплексом рецептурных и технологических характеристик и, с другой стороны, результатами контроля различными методами и средствами. При этом, как правило, применяемые буквенные обозначения твердости являются условными и не отражают параметров, определяющих физические свойства изделий. Это исключает возможность сравнения физико-механических свойств абразивных изделий различных фирм-изготовителей и приводит к тому, что изделия, имеющие одинаковые индексы твердости, обладают различными, часто несопоставимыми физико-механическими и, соответственно, эксплуатационными свойствами.

В последнее время для оценки твердости абразивных изделий все более широкое распространение находят акустические методы.

Использование акустических методов контроля, основанных на измерении частот собственных колебаний (ЧСК) изделий, позволяет определять физические константы материала изделий, такие как модуль Юнга (Е-модуль) и другие упругие модули, скорость распространения колебаний и т. п. Однако и в этом случае результаты акустического контроля, полученные различными авторами, могут существенно отличаться. Причем указанное отличие носит систематический характер.

На рис. 1 представлены данные, полученные экспериментально при акустическом контроле с помощью приборов "Звук-202" (СССР) и «GRINDO SONIC» (Бельгия) шлифовальных кругов прямого профиля размерами 250x20x76, изготовленных из электрокорундового материала зернистостью 16, в зависимости от объемной плотности кругов [1].

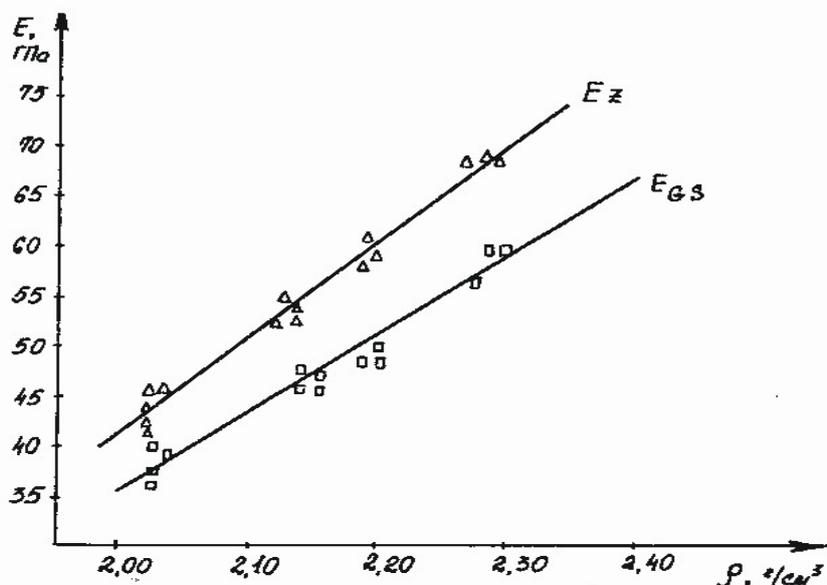


Рис.1. Е-модуль в зависимости от объемной плотности:

□ – Е-модуль при измерении прибором «GRINDO SONIC» (E_{GS})

△ - Е-модуль при измерении прибором типа «Звук» (E_z)

Из приведенных данных следует, что существует систематическое отличие результатов определения Е-модуля, которое в рассмотренном случае составляет от 13 до 16%. Это отличие вызвано в первую очередь различными методиками проведения измерений и обработки их результатов. Значения Е-модуля, полученные с помощью прибора «GRINDO SONIC» (E_{GS}), рассчитаны по значению частоты собственных изгибных колебаний с двумя узловыми диаметрами f_1 с применением аналитических зависимостей, полученных с использованием результатов экспериментальных исследований специальных алюминиевых моделей [2]. Значения Е-модуля, полученные с помощью прибора "Звук-202" (E_z), рассчитаны по значению частоты собственных плоских колебаний f_d с применением аналитических зависимостей, полученных с использованием результатов экспериментальных исследований специальных образцов, вырезанных из реальных абразивных изделий [3]. Следует отметить, что значения ЧСК одного и того же вида f_1 или f_d , измеренные каждым из указанных выше приборов, практически не отличаются или лежат в пределах погрешности измерений, не превышающей 2%. Значение частоты при измерении прибором "Звук-202" отсчитывается непосредственно на цифровом табло прибора в кГц. Значение частоты при измерении прибором «GRINDO SONIC» может быть рассчитано по показаниям цифрового табло по формуле:

$$F = \frac{2 \times 10^3}{R} \quad \text{кГц},$$

Изложенное показывает, что даже при использовании физически обоснованного параметра могут получаться существенно различные данные, зависящие от методик проведения измерений и обработки их результатов, несмотря на то что изделия обладают одинаковыми физико-механическими свойствами, о чем свидетельствует совпадение значений ЧСК одного и того же типа, измеренных двумя различными приборами.

Решение задачи повышения достоверности контроля и получения сопоставимых результатов может быть достигнуто путем стандартизации условий проведения измерений и обработки их результатов.

В течение ряда лет в СССР и некоторых странах СЭВ проводятся работы по стандартизации акустического метода контроля физико-механических свойств абразивных изделий. Разработаны и введены в действие стандарт СЭВ 3313-81 "Инструмент абразивный. Акустический неразрушающий метод контроля физико-механических свойств" и соответствующие национальные стандарты в СССР (ГОСТ 25961-83), ГДР (TGL 55047) и Венгрии (MSZ 4505/9-83). В основу этих стандартов положена известная зависимость, связывающая ЧСК изделий с их физико-механическими свойствами, формой и размерами [1, 3]:

$$f_i = F_i \times C_l, \quad (I)$$

где f_i - ЧСК изделий определенного вида i (изгибные, плоские, продольные и т. п.);

F_i - коэффициент формы, определяемый геометрическими размерами и формой изделий, а также видом возбуждаемых колебаний;

C_l - приведенная скорость распространения акустических волн, связанная с E -модулем и плотностью ρ соотношением:

$$C_l = \sqrt{E/\rho}$$

В ходе разработки указанных стандартов было установлено, что в качестве выходного параметра при акустическом контроле может быть использован непосредственно параметр C_l . При этом исключается необходимость измерения и введения в расчеты плотности ρ , в то же время, как показали многочисленные исследования [1, 4] и опыт эксплуатации приборов типа "Звук" в промышленности, существует тесная корреляционная связь параметра C_l с результатами контроля твердости известными механическими методами, а также с эксплуатационными характеристиками инструментов. На рис. 2 приведены результаты, полученные при контроле специально изготовленных изделий в виде дисков диаметром 100 мм и высотой 20 мм. Диски были изготовлены из карбида кремния зернистостью 12 на керамической связке различной твердости. Определение параметра C_l проводилось с помощью прибора "Звук-107", твердость определялась пескоструйным методом по величине глубин лунок h . Приведенные данные подтверждают наличие тесной корреляционной связи между параметром C_l и

результатами контроля твердости известными методами.

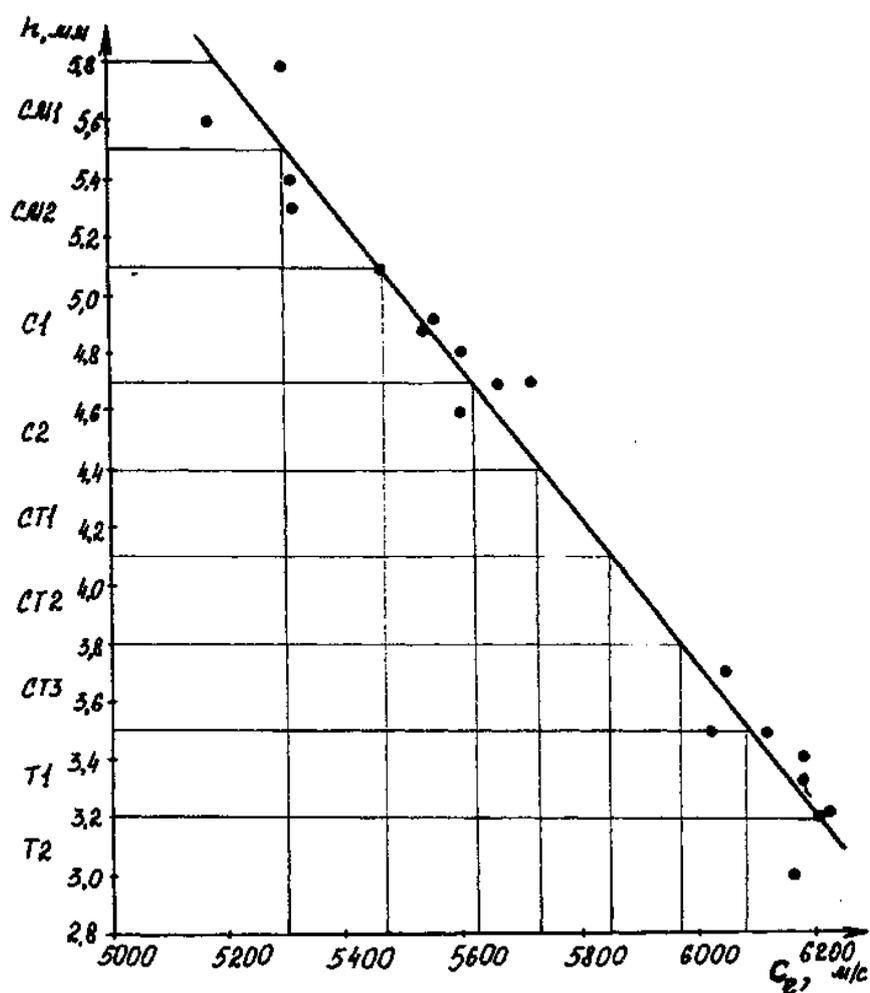


Рис.2. Связь параметра C_1 с глубиной лунки h

Для удобства использования параметра C_1 в качестве выходного параметра при акустическом контроле указанными стандартами предусмотрено его нормирование в виде так называемых звуковых индексов (ЗИ), представляющих собой усредненное в заданном диапазоне значение C_1 . В качестве такого диапазона выбран шаг, равный 200 м/с, соответствующий ориентировочно одной степени твердости в средней части шкалы твердостей, а для обозначения ЗИ использованы нечетные числа от 19 до 75, охватывающие диапазон C_1 от 1800 до 7500 м/с. Этот диапазон позволяет оценивать физико-механические свойства практически всех основных выпускаемых в настоящее время абразивных инструментов, начиная с самых мягких кругов на вулканитовых связках, используемых для обработки шариков в подшипниковой промышленности. При необходимости диапазон значений ЗИ может быть расширен, так, например, режущим инструментам из композиционных материалов, полученных на базе кубического нитрида бора, соответствуют ЗИ I09-I55, в то же время ЗИ менее 19 имеют, например, гибкие порошковые круги. Кроме того, при необходимости повышения точности контроля

диапазон C_l , соответствующий одному ЗИ, может быть уменьшен до 100 м/с, что соответствует разрешающей способности современных измерителей ЧСК. При этом могут быть введены в стандарты, наряду с нечетными, четные значения ЗИ.

При введении в качестве выходного параметра контроля C_l и соответствующих значений ЗИ, как следует из выражения (I), должны быть стандартизованы вид колебаний, собственная частота которых подлежит измерению при контроле, и соответствующий этому виду колебаний коэффициент формы F_i , зависящий от размеров и формы изделий и незначительно от коэффициента Пуассона, который с достаточной степенью точности может быть принят постоянным для большинства видов абразивных изделий.

При использовании акустического метода для контроля шлифовальных кругов прямого профиля, отрезных и обдирочных кругов, брусков и сегментов наиболее широкое распространение находят пять основных видов колебаний, для коэффициентов формы которых получены аналитические зависимости, учитывающие влияние размеров и формы изделий [3]. Для изделий более сложной формы, включая различного рода головки, круги в форме чашек и тарелок, профилированные круги и т. п., коэффициенты формы определяются по специальным методикам с проведением при необходимости дополнительных экспериментальных исследований. Значения полученных таким образом коэффициентов формы приведены в табличной форме в упомянутых стандартах для основных типоразмеров инструментов и используются как при составлении градуировочных таблиц, применяемых при проведении контроля приборами типа "Звук", так и для непосредственного введения в вычислительные устройства приборов "Звук-203", позволяющих получать на цифровом табло прибора непосредственно значения C_l и звукового индекса. В этих же таблицах для кругов прямого профиля диаметром 8-100 мм указаны виды колебаний, ЧСК которых подлежит измерению при контроле.

Стандартизация указанных параметров позволяет обеспечить надежность и воспроизводимость результатов контроля, а также сопоставимость результатов, полученных с применением различных приборов и устройств акустического контроля, основанных на измерении ЧСК.

В заключение следует отметить, что звуковой индекс является высокоинформативным параметром и в ряде случаев позволяет оценивать физико-механические свойства изделий не только из абразивных, но и из других видов материалов. В таблице приведены значения ЗИ и C_l некоторых твердых и сверхтвердых материалов, определенные акустическим методом с применением приборов типа "Звук". Там же для сравнения приведены значения Е-модуля и микротвердости этих материалов, взятые из справочной литературы. Как следует из таблицы, с уменьшением скорости C_l соответственно ЗИ уменьшается и микротвердость, являющаяся одной из основных характеристик материалов подобного рода. Для Е-модуля во всем диапазоне рассмотренных материалов такой зависимости не наблюдается.

Материал или изделие	Е-модуль, кгс/мм ² х10 ³	Скорость распространения упругих колебаний С _l , м/сх10 ³	Звуковой индекс, ЗИ	Микротвердость Н, кгс/мм ²
1	2	3	4	5
Алмаз	50,2-85,0	15,7-15,9	157-159	10000
Эльбор	62,0-95,0	12,0-15,6	125-157	9000
Карбид бора	29,6	10,8	107-109	3700-4300
Карбид кремния	36,5	10,6	105-107	3000-3300
Материалы С2, С8 на основе карбида кремния	34,5-41,0	10,9-11,6	109-117	-
Термокорунд	35,5-41,0	9,6-10,2	95-103	2000-2400
Минералокерамика горячего прессования	40,5-44,5	10,0-10,5	99-105	-
Карбид вольфрама	72,2	6,7	67	1730
Быстрорежущая сталь Р18	22,0	5,0	49-51	1300-1400

В настоящее время акустический метод контроля с использованием в качестве выходного параметра, характеризующего физико-механические свойства изделий, звукового индекса находит применение для контроля изделий из керамических, минералокерамических, углеродных, огнеупорных и других видов материалов.

Литература

1. Blankenburg S., Möckel R., Clausnitzer M., Glagowskij B., Moskowenko I. : Akustische Härteprüfung zur Schleifkörper-auswahl // Werkstatt und Betrieb.-118 (1985).-5.-S.267-270.
2. Decneut A., Snoeys R., Peters J. New formulas improve E -modulus calculations // Report GRJF MC 37 - University of Louvain.-November.-1970.
3. Глаговский Б.А., Московенко И.Б. Низкочастотные акустические методы контроля в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1977. - 206 с.
4. Voronko Jurij. Abrasiv szerszámok akusztikai vizsgalata // Épitőanyag,-XXXVII, évfolyam,-1985,-6-szám.