

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ТВЕРДОСТИ НА ФИРМАХ- ИЗГОТОВИТЕЛЯХ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Федотова С. М., Московенко И.Б., Коварская Е.З.
(ООО «ЗВУК», Санкт-Петербург)

Акустический метод, основанный на измерении частот собственных колебаний изделий, находит все более широкое применение для контроля физико-механических свойств (твердости) абразивных инструментов как в нашей стране, так и за рубежом. Если ранее конкуренцию российским приборам типа «Звук», используемым для этой цели, составляли в основном только бельгийские приборы “Grindo Sonic”, то сейчас аналогичные приборы выпускают в США, Индии и некоторых других странах. Последнее поколение приборов «Звук» приборы «Звук-130» и «Звук-203М» составляют достойную конкуренцию другим приборам не только в связи с более доступной ценой, но и в связи с удобством их использования для производственного контроля. Например, прибор «Звук-203М» по своим характеристикам не уступает зарубежным аналогам, однако, является портативным и может использоваться в цеховых условиях для быстрого получения конечного результата контроля без компьютера (конечно, возможность подключения компьютера предусмотрена) в отличие, например, от приборов американского и индийского производства, которые дают конечный результат только на экране компьютера. Приборы типа «Звук» последнего поколения являются востребованными не только в нашей стране, но и за рубежом: Австрия, Германия, Италия, Индия, Чехия, Швейцария и др. Поскольку каждая из фирм производителей имеет свою рецептуру для изготовления инструментов различной твердости, возникает проблема соответствия принятого данной фирмой обозначения рецептов в буквенном виде с обозначением физико-механических свойств акустическими приборами. Эту проблему можно сформулировать иначе: как разработать рецептуру, дающую наибольшее попадание в заданную твердость, которая обозначается в приборах типа «Звук» звуковыми индексами (ЗИ). Настоящее информационное сообщение посвящено именно этим вопросам применительно к абразивному инструменту из электрокорундовых материалов на керамической связке.

Напомним, что приборы «Звук» регистрируют приведенную скорость распространения акустических волн (скорость звука) Cl и ее градации с шагом 200 м/с. Градации скорости звука Cl называются звуковыми индексами и обозначаются, в соответствии с ГОСТ Р 52710-2007 (ранее ГОСТ 25961-83), средним для данной градации значением скорости Cl , деленным на 100. Обозначения ЗИ и соответствующие интервалы скорости Cl представлены в таблице 1

Таблица 1 Обозначения звуковых индексов

Звуковой индекс ЗИ	Интервал значений Cl , м/с	Среднее значение Cl
37	Св. 3600 до 3800	3700
39	Св. 3800 до 4000	3900
.....
61	Св. 6000 до 6200	6100

В качестве примера рассмотрим освоение прибора «Звук-203М» на одной из зарубежных фирм, являющейся крупным поставщиком абразивного инструмента не только для своей страны, но и для многих других стран. Фирма использует обозначения твердости в виде букв латинского алфавита и рецептуры, переданные ей при организации производства много лет назад.

На первом этапе был произведен набор статистических данных контроля скорости звука Cl и ЗИ производственных партий абразивных кругов при отслеживании соблюдения технологического процесса их изготовления и рассчитаны средние арифметические значения

скорости звука Cl для каждой твердости. Используемые абразивные материалы, зернистости (по системе FEPA), связки и степени твердости в обозначении, принятом на фирме, количество связки $P_{св}$. (весовые части связки на 100 весовых частей зерна) и результаты акустического контроля для разных твердостей представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Количество связки $P_{св}$ и скорость звука Cl для разных рецептов

Твердость	Материал, зернистость, связка для разных рецептов					
	Электрокорунд нормальный, зернистость 60 связка V10		Электрокорунд Белый, зернистость 46/50 связка V8		Электрокорунд нормальный, зернистость 46/50 связка V8	
	Рец. .1		Рец. .2		Рец. 3	
	$P_{св}$	Скорость Cl , м/с	$P_{св}$	Скорость Cl , м/с /	$P_{св}$	Скорость Cl , м/с
G	8,7	4260	5,3	3733	6,4	4000
H	9,9	4460	6,4	4000	7,0	4056
I	11,1	4660	7,0	4100	7,5	4100
J	12,4	4700	7,5	4100	8,7	4423
J+	13,0	4860	8,7	4300	9,9	4700
K	13,6	5167	9,9	4592	11,1	4793
L	14,9	5157	11,1	4900	12,4	4900
M	16,3	5320	12,3	4900	13,6	4900
N	19,0	5457	13,6	4900	16,3	5300
O	22,0	5500	14,9	5140	19,0	5500
P	25,0	5900	16,3	5300	-	-

Полученные результаты приведены в таблице 2 и на рис. 1 и 2. На рис.1 представлена зависимость Cl и, соответственно, ЗИ от количества связки $P_{св}$, %, для различных твердостей инструмента, представленного в таблице 1. Во всех рассмотренных случаях объемное содержание зерна было 48% (в принятом в России обозначении это соответствует структуре 7).

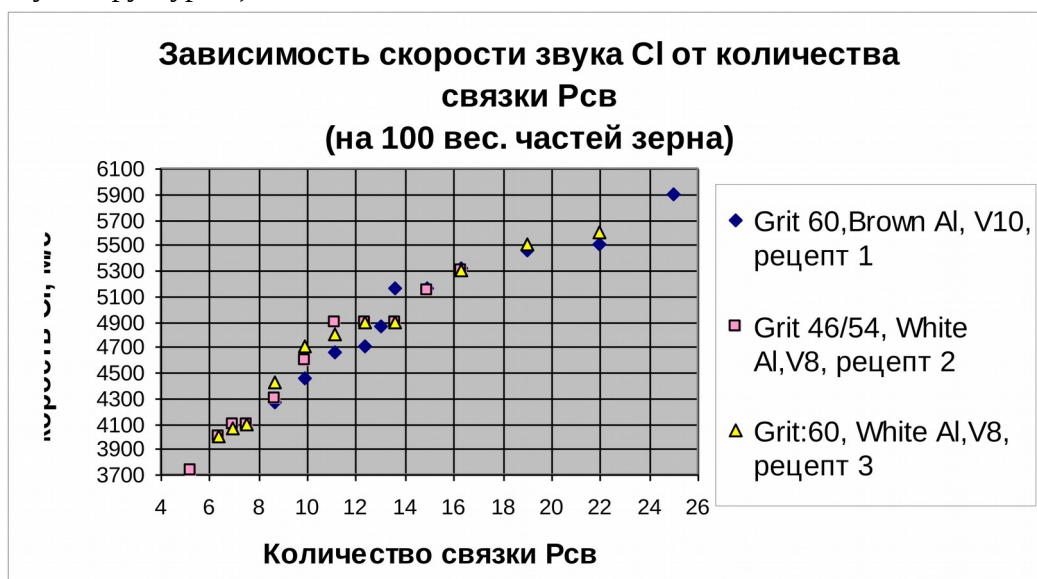


Рис. 1

Из рис. 1 следует, что скорость звука Cl практически не зависит от зернистости и вида электрокорундовых материалов, а также от исследуемых видов керамических связок и определяется только количеством связки $P_{св}$, т. е. можно произвести статистическую

обработку всех полученных данных совместно. Этот важный вывод только подтверждает имеющиеся ранее данные о независимости результатов акустического контроля от зернистости и от вида электрокорундового материала. На практике это означает, что для получения инструмента с данным ЗИ (при использовании тех же технологических параметров и оборудования, а также других дополнительных факторов) необходимо заложить в рецептуру определенное количество связки Рсв.

На рис.2 показана зависимость количества связки Рсв от скорости звука C_l , полученная на основе совместной обработки тех же данных, что представлены на рис. 1. Высокий коэффициент корреляции R ($R=0,98$) показывает достаточно высокую достоверность использования полученной зависимости Рсв от скорости C_l в виде степенной функции

$$P_{св} = 10^{-12} \times 5,89 \times (C_l)^{3,34} \quad (1).$$

Подставляя в уравнение (1) конкретные значения скорости C_l получаем количество связки Рсв, необходимое для получения данного значения C_l . Для получения Рсв для данного ЗИ надо взять значение C_l , среднее для данного ЗИ по таблице 1. Например, для получения количества связки Рсв для ЗИ 37 надо взять $C_l=3700$. Результаты таких расчетов по уравнению (1) представлены в таблице 3. Конечно, полученная рецептура носит ориентировочный характер и требует уточнения в зависимости от различных технологических особенностей (типа увлажнителя и т.п.). Она может быть принята за основу и по ней можно решить, требуется ли вносить существенные коррективы в существующие на данной фирме рецептуры при переходе на акустический метод контроля.

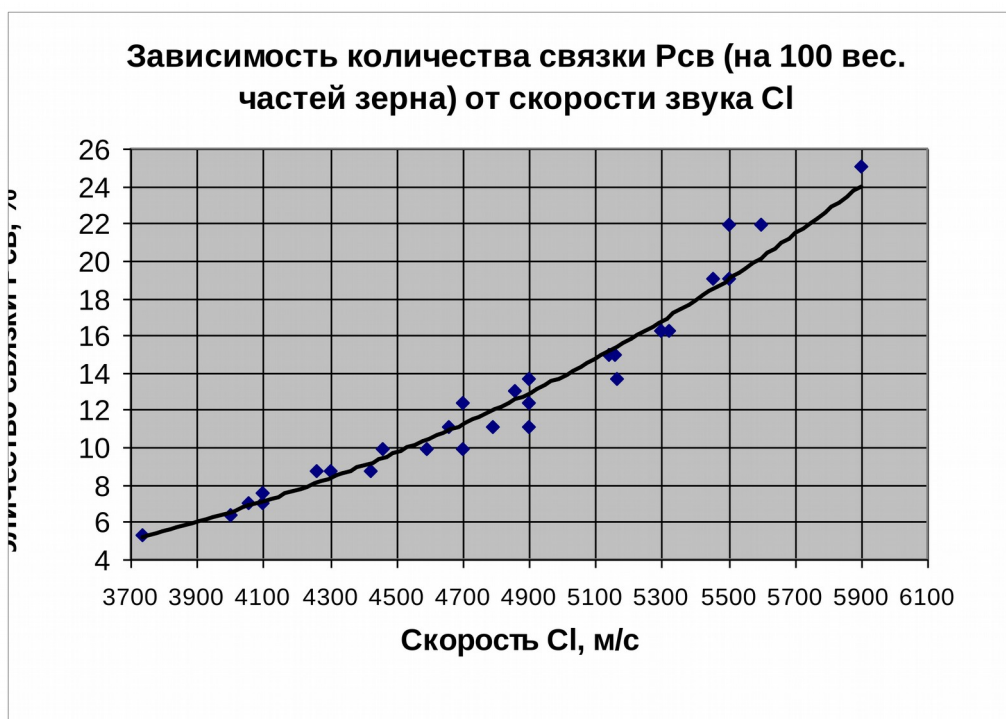


Рис.2

Таблица 3 - Ориентировочное количество связки Рсв для различных ЗИ и твердостей

ЗИ	Количество связки Рсв, %	Шаг по связке Рсв, %	Твердость для рецептур		
			Рец. 1	Рец. 2	Рец. 3
1	2	3	4	5	6
37	5,0			G	
39	6,0	0,97		H	G
41	7,1	1,09		I	H
43	8,3	1,23	G	J, J+	I
45	9,7	1,37	H	K	J, J+
47	11,2	1,52	I, J	L	K
49	12,9	1,68	J+	M	L
51	14,7	1,85	K, L	N, O	M
53	16,8	2,02	M	P	N
55	19,0	2,21	N		O, P
57	21,4	2,41	O, P		
59	24,0	2,62			

Второй столбец таблицы 3 дает рецептуру, позволяющую получить различные ЗИ, а столбцы 4, 5, 6 – перевод ЗИ в принятые на данной фирме обозначения. Столбцы 4, 5, 6 составлены с учетом таблицы 2 (например, для ЗИ 43 для рец. 1 по таблице 2 Рсв=8,3%, ближайшее к этому значение Рсв =8,7% по таблице 1 соответствует твердости G, что и дано в столбце 4).

Для разработки рецептуры инструмента с заданным ЗИ может быть использована и другая методика, основанная на изготовлении специальных образцов с определенным шагом по количеству связки Рсв. Затем надо измерить на этих образцах скорость звука Cl и провести статистическую обработку полученных результатов. В результате получаем зависимость Рсв от скорости звука Cl , аналогичную зависимости, представленной в выражении (1). Затем рассчитываем Рсв для конкретных ЗИ так же, как это сделано при расчете столбца 2 таблицы 3.

Полученные данные показывают, что результаты акустического контроля в виде ЗИ позволяют фактически отслеживать соблюдение рецептуры и технологического процесса изготовления абразивных инструментов.

Из таблицы 3 видно, что одному и тому же буквенному обозначению твердости, например G, в зависимости от вида электрокорунда, связки и зернистости соответствует различное количество связки (от 5 до 8 %).

Каждому потребителю абразивных инструментов известно, что одинаковое обозначение твердости, например G, отнюдь не означает, что инструмент с таким обозначением различных производителей будет работать одинаково, даже если он изготовлен из одних и тех же материалов одной и той же зернистости.

Попробуем сопоставить полученные результаты с имеющимися у нас данными соответствия буквенных обозначений твердости (латинскими буквами и кириллицей) и звуковых индексов ЗИ ($Cl/100$) для электрокорундовых материалов (таблица 1 приложения 2 ГОСТ 25961-83, для каждой твердости взято среднее значение $Cl/100$). Данные для сопоставления представлены в таблице 4. Для удобства статистической обработки степени твердости пронумерованы по порядку цифрами от 1 до 10.

Таблица 4 Сопоставление разных обозначений твердости и ЗИ

Твердость			Скорость Cl , м/с (ГОСТ 25961)	ЗИ ($Cl/100$) для различных рецептур		
По порядку	Латинские буквы	Кирил- лица		Рец. 1	Рец. 2	Рец. 3
1	G		-	43 (42,6)	37 (37,3)	39 (40,0)
2	H	M1	3600	45 (44,6)	39 (40,0)	41 (40,6)
3	I	M2	3950	47 (46,6)	41 (41,0)	41 (41,0)
3,5	J	M3	4175	47 (47,0)	41 (41,0)	43 (44,0)
4,5	J+	M3+	4325	49 (48,6)	43 (43,0)	47 (47,0)
5	K	CM1	4600	51 (51,7)	47 (46,5)	47 (47,9)
6	L	CM2	4900	51 (51,7)	49 (49,0)	49 (49,0)
7	M	C1	5100	53 (53,2)	49 (49,0)	49 (49,0)
8	N	C2	5300	55 (54,2)	49 (49,0)	53 (53,0)
9	O	CT1	5500	55 (55,0)	51 (51,4)	55 (55,0)
10	P	CT2	5700	59 (59,0)	53 (53,0)	

Результаты статистической обработки данных таблицы 4 показаны на рис. 3.

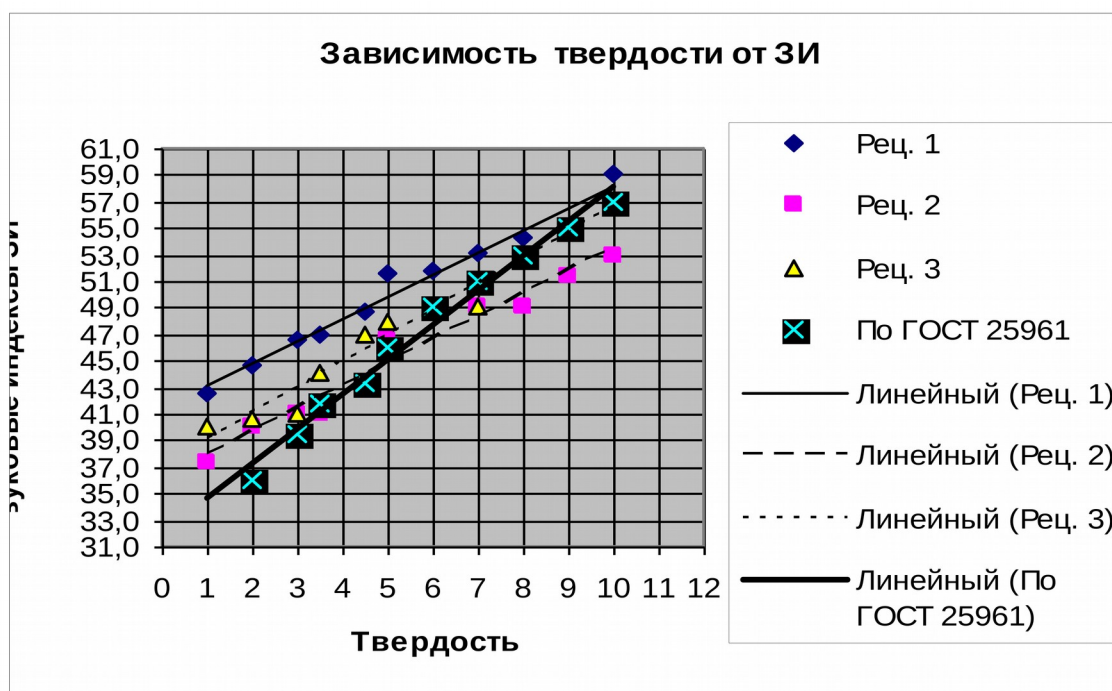


Рис. 3

Из рис. 3 следует, что представленная в ГОСТ 25961 таблица соответствия ЗИ твердости в буквенном обозначении для средних твердостей от CM1 до CT1 (от 5 до 9) близка к полученной. Это означает, что ее можно использовать при экспорте отечественных кругов за границу при их контроле акустическим методом по ЗИ и маркировкой твердости буквами латинского алфавита по принятому в России соответствию между этими буквенными обозначениями.

Общеизвестно, что обозначение твердости у каждого изготовителя подразумевает определенную, принятую на данном производстве рецептуру и технологический процесс, и помогает потребителю сориентироваться при выборе инструмента с последующим уточнением оптимальной характеристики. В таком случае, на наш взгляд, необходимо при

выходном контроле физико-механических свойств абразивных инструментов иметь такой метод контроля, который бы обеспечивал возможность определения, соблюдается ли принятая для данного обозначения рецептура, причем все равно, каким обозначением именовать эту рецептуру: звуковыми индексами ЗИ или твердостью в буквенном обозначении (латинскими буквами или кириллицей). Поэтому мы считаем целесообразным при переходе на акустический контроль маркировать на инструменте ЗИ. Конечно, если изготовителю удобно сохранить для потребителя принятое ранее и привычное буквенное обозначение твердости, можно маркировать дополнительно и его, используя таблицу соответствия между ЗИ и твердостью, подобную таблице 4.