

В результате получаем  $E_{\text{станд}} = 7831 \text{ Н/мм}^2$ , что на 5,2 % превышает величину  $H$ .

Показатель	Единица измерения	Численное значение показателя	Расчетная формула
Скорость деформирования $V_\varepsilon$	1/с	$0,2468 \cdot 10^{-6}$	(19)
Шаг измерения (по относительной деформации) $t_\varepsilon$	—	$1,777 \cdot 10^{-3}$	(18)
Напряжения, соответствующие контрольным нагрузкам,			
$y_1$	Н/мм <sup>2</sup>	13,922	(17)
$y_2$	»	26,578	(17)
$y_3$	»	36,956	(17)
Коэффициенты уравнения (10)	$Q_1$	Н/мм <sup>2</sup>	-1,012 (11)
	$Q_2$	(Н/мм <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	29,794 (12)
	$Q_3$	(Н/мм <sup>2</sup> ) <sup>3</sup>	-218,54 (13)
Коэффициенты уравнения (5)	$a$	Н/мм <sup>2</sup>	7,335 (21)
	$b$	»	34,279 (15a)
	$c$	—	4,686 (16a)
Длительный модуль упругости $E$	Н/мм <sup>2</sup>	4126	(22)
Время релаксации $n$	с	33 757	(23)
Мгновенный модуль упругости $H$	Н/мм <sup>2</sup>	8 240	(24)

$$E_{\text{станд}} = \frac{P_1 L^3}{4Bh^3 t_f} \quad (26)$$

В заключение отметим, что данная методика проверена только при кратковременных испытаниях на изгиб.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Латвищенко В. А. Диагностика жесткости и прочности материалов.— Рига: Зинатне, 1972.— 260 с. [2]. Ржаницын А. Р. Теория ползучести.— М., 1968. [3]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 384 с. [4]. Фрейдин А. С., Вуба К. Т. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 224 с.

Поступила 1 июля 1985 г.

УДК 621.921 : 674.815

### РАЗРАБОТКА АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ИХ СТРУКТУРЫ С ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

А. И. ЯЦЮК, Н. В. БИРЮЧЕНКО

Львовский лесотехнический институт

Опыт шлифования древесины абразивными кругами свидетельствует о том, что параметры структуры инструмента (объем зерна, связки и пор), его твердость и прочность оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства инструмента.

Анализ результатов ряда работ [1, 3, 4, 5] показал, что нет единого мнения о влиянии параметров структуры абразивного инструмента на его физико-механические свойства. Так, например, одни исследователи [1] утверждают, что при неизменной пористости абразивных кругов, независимо от номера их структуры, твердость инструмента остается постоянной. Другие [3—5] отмечают повышение твердости абразивных кругов, с увеличением номера их структуры, для инструмента одинако-

вой пористости. Известно, что физико-механические и эксплуатационные свойства абразивных кругов зависят от свойств абразивного и связующего материалов.

Нами проведены исследования по разработке шлифовальных кругов с абразивом из кремня на бакелитовой связке и определению взаимосвязи их структуры с физико-механическими свойствами.

Расчет состава формовочной массы и изготовление абразивных кругов мы проводили по технологии, изложенной в работе [5].

Для проведения экспериментальных исследований изготавливали опытные образцы абразивных кругов размером  $200 \times 40 \times 65$  мм. Статическую прочность материала кругов оценивали пределом прочности на сжатие образцов размером  $30 \times 20 \times 10$  мм, изготовленных из той же массы, что и инструмент (по ГОСТу 4651—82). Твердость инструмента измеряли на разрывной машине РА-5 с фиксацией затрачиваемой на вдавливание пуансона нагрузки, которую относили к площади поверхности образуемой при этом лунки (отпечатка). Этот способ измерения твердости соответствует ГОСТу 16483.17—81. Для исследуемых кругов твердость измеряли в четырех точках на каждом торце инструмента и выводили среднее арифметическое значение.

Как известно, всякий абразивный круг состоит из шлифовального зерна, связки и пор, объемное содержание которых определяет структуру инструмента. Для изучения влияния параметров структуры на твердость исследуемых абразивных кругов проведен эксперимент с использованием теории математического планирования.

В качестве факторов варьирования нами выбраны: объем зерна  $V_z$ , объем связки  $V_c$  (в процентах) и номер зернистости абразива  $Z$ . Учитывая, что в исследованиях [1, 3, 4, 5] характер зависимости твердости инструмента от параметров структуры имеет линейный или близкий к линейному вид, нами выбраны два граничных значения независимых переменных и соответствующий им основной уровень.

Матрица планирования полного факторного эксперимента типа  $2^3$  и результаты опытов представлены в табл. 1. С целью исключения ошибок и для достижения большей достоверности полученных результатов было проведено три серии дублированных опытов, средние значения которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Полный факторный план и результаты опытов

Но- мер опы- та	Порядок реализа- ции опыта	Объем зерна $V_z$ , %	Объем связки $V_c$ , %	Зерни- стость абразива $Z$	Твердость абразив- ного круга $H_k$ , МПа		Разру- шающая сила $P$ , кН	Предел проч- ности при сжатии $\sigma$ , МПа
					экспери- менталь- ная	расчет- ная		
1	5	44	5	80	47,9	49,08	0,764	3,98
2	1	44	5	40	50,1	49,08	1,245	6,48
3	7	44	14	80	158,6	166,6	3,303	17,19
4	3	44	14	40	174,4	166,6	5,155	26,84
5	6	50	5	80	77,2	79,88	1,078	5,61
6	2	50	5	40	82,9	79,88	3,293	8,14
7	8	50	14	80	247,2	255,64	7,958	41,43
8	4	50	14	40	264,4	255,64	9,692	50,46
Основной уровень		47	9,5	60	—	—	—	—

Для получения математической зависимости твердости абразивных кругов от выбранных факторов нами проведена статистическая обработка экспериментальных данных по методике, приведенной в работе [2]. Проверка ряда построчных дисперсий по  $G$ -критерию показала, что этот ряд можно считать однородным. Сравнение рассчитанного доверительного интервала с табличным значением  $t$ -критерия позволило определить степень значимости полученных коэффициентов уравнения

регрессии. После исключения незначимых коэффициентов уравнение регрессии приняло следующий вид:

$$H_k = -4,8 - 0,26V_3 - 34,4V_c + 1,08V_3V_c,$$

где  $H_k$  — твердость абразивного круга, МПа.

Гипотезу об адекватности полученной модели проверяли по критерию Фишера. Эта гипотеза была обоснована при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  сравнением с табличным значением F-критерия.

Из анализа уравнения регрессии видно, что твердость разработанных абразивных кругов, главным образом, зависит от количества связки в их составе.

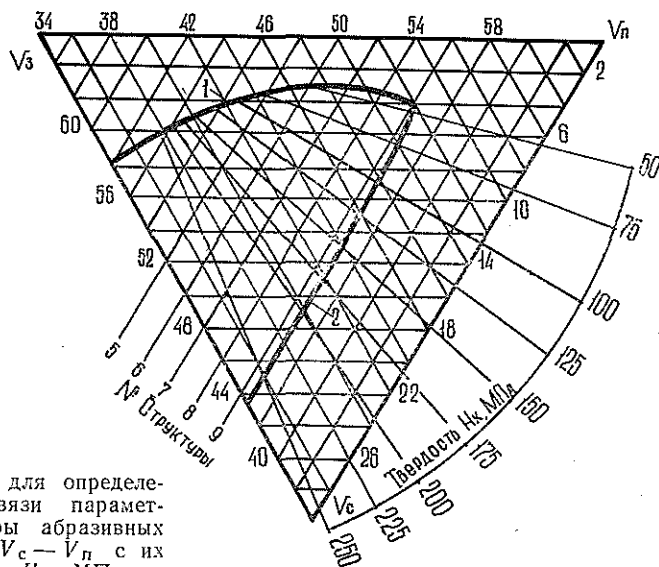
Значительно меньшее влияние на твердость инструмента оказывает объемное содержание зерна в круге, определяющее номер его структуры. Влияние зернистости абразива кругов на их твердость оказалось незначительным.

Используя полученное уравнение регрессии, мы рассчитали твердость абразивных кругов для всех возможных сочетаний факторов варьирования (табл. 2).

Математическая обработка полученных результатов позволила вывести зависимости твердости абразивных кругов от объемов связки в них для различных структур инструмента:

Номер структуры	Аналитическая зависимость
6 . . . . .	$H_k = 18,3 V_c$
7 . . . . .	$H_k = 16 V_c$
8 . . . . .	$H_k = 13,8 V_c$
9 . . . . .	$H_k = 12,3 V_c$

Установлено, что для кругов с более плотной структурой (большое содержание зерна) с увеличением количества связки твердость инструмента растет более интенсивно, чем для кругов с открытой структурой, т. е. с меньшим количеством зерна.



Номограмма для определения взаимосвязи параметров структуры абразивных кругов  $V_3$  —  $V_c$  —  $V_n$  с их твердостью  $H_k$ , МПа.

Результаты испытаний статической прочности образцов материала абразивного круга при сжатии (табл. 1) показали, что с увеличением количества связки в инструменте прочность его на сжатие возрастает; повышение номера структуры приводит к снижению прочности материала абразивного круга; уменьшение номера зернистости абразива инструмента при прочих равных условиях приводит к возрастанию прочности кругов.

Соотношение объемов зерна, связки

Но- мер струк- туры	Объ- ем зер- на, %	Твердость, МПа при объ- Объем связки, %					
		51,0	49,5	48,0	46,5	45,0	43,5
6	50	—	—	—	40 — 70	70 — 100	100 — 130
					3,5	5,0	6,5
7	48	—	—	45 — 70	70 — 95	95 — 120	120 — 145
				4,0	5,5	7,0	8,5
8	46	—	45 — 67	67 — 89	89 — 111	111 — 133	133 — 155
			4,5	6,0	7,5	9,0	10,5
9	44	45 — 65	65 — 85	85 — 105	105 — 125	125 — 145	145 — 165
		5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5

По результатам проведенных экспериментов построена номограмма (см. рис.), дающая представление о характере зависимости твердости исследуемых кругов от параметров их структуры.

Как видно из рисунка, характер зависимости твердости абразивных кругов от объема связки в них при постоянной пористости инструмента неоднозначен. При пористости круга  $V_n = 37,5\%$  твердость его практически не меняется с увеличением количества связки. Для кругов сравнительно высокой пористости  $V_n = 46,5\%$  твердость повышается с ростом процентного содержания связки.

Увеличение количества связки в круге приводит к более прочному скреплению абразивных зерен в нем, а как следствие — и к росту его прочности и твердости. Однако процесс роста твердости инструмента с увеличением процентного содержания связки в его составе для различных структур протекает по-разному. Например, для структуры 6 с увеличением объема связки в круге на каждые 1,5 % твердость возрастает в среднем на 30 МПа, тогда как для структуры 9 при тех же условиях рост твердости составляет только 20 МПа. Это можно объяснить тем, что средние расстояния между зернами в кругах с более плотной структурой меньше, чем у инструмента с открытой структурой, поэтому для прочного сцепления зерен в кругах с плотной структурой необходимо меньшее количество связки, чем в высокоструктурном инструменте. Для одинаковых объемных содержаний связки в кругах твердость их всегда больше у инструментов с более плотной структурой.

Показанные на номограмме кривые 1, 2 охватывают область характеристик разработанного абразивного инструмента, изготовленного по традиционной технологии. Кривая 1 указывает на ограничение возможности изготовления инструмента по условию неразрушения абразивных зерен, кривая 2 показывает границу по условию минимально допустимой прочности заформованной абразивной массы. Графическое отображение свойств абразивного инструмента на трехкомпонентной номограмме с введением граничных кривых позволяет определить тех-

нологическую возможность изготовления кругов по их заданным характеристикам.

Для шлифования древесины с разными физико-механическими свойствами выбирают круги различной твердости, пористости и структуры. В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что для абразивной обработки древесины клена целесообразно применять круги твердостью 60...80 МПа, структуры 8 и сравни-

Таблица 2

и пор в абразивных кругах

еме пор, %

42,0	40,5	39,0	37,5	36,0	34,5
<u>130 — 160</u>	<u>160 — 190</u>	<u>190 — 220</u>	<u>220 — 250</u>	<u>250 — 280</u>	<u>280 — 310</u>
8,0	9,5	11,0	12,5	14,0	15,5
<u>145 — 170</u>	<u>170 — 195</u>	<u>195 — 220</u>	<u>220 — 245</u>	<u>245 — 270</u>	<u>270 — 295</u>
10,0	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5
<u>155 — 177</u>	<u>177 — 209</u>	<u>209 — 221</u>	<u>221 — 243</u>	<u>243 — 265</u>	—
12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	—
<u>165 — 185</u>	<u>185 — 205</u>	<u>205 — 225</u>	<u>225 — 245</u>	—	—
14,0	15,5	17,0	18,5	—	—

тельно высокой пористости. Опыт шлифования древесины абразивными кругами показал их высокую технико-экономическую эффективность.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Исполитов Г. М. Абразивно-алмазная обработка.— М.: Машиностроение, 1969.— 335 с. [2]. Новик Ф. С., Арсов Я. Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов.— М.: Машиностроение; София: Техника, 1980.— 304 с. [3]. Райт В. В. Взаимосвязь структуры абразивного инструмента на бакелитовой связке с его твердостью, коэффициентом прессования и удельным усилием прессования.— Науч. техн. реф. сб. Абразивы, М.: НИИмаш, 1980, вып. 2. [4]. Якубовский А. В. Разработка абразивных кругов с нормированной структурой для шлифования древесины и исследование их свойств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Львов, 1974.— 19 с. [5]. Яцюк А. И. Новый способ механической обработки древесины.— Львов: Вища школа, 1975.— 256 с.

Поступила 17 марта 1986 г.