

В.А.Столяр, аспирант (БТИ им. С.М.Кирова)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО
МАТЕРИАЛА БЕЛБОР ПРИ ОБРАБОТКЕ
ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНОЙ ПЛИТЫ

В настоящее время рядом таких организаций, как Всесоюзный проектно-конструкторский технологический институт мебели, Грузинский политехнический институт им. В.И.Ленина, Белорусский технологический институт им. С.М.Кирова, институт сверхтвердых материалов АН УССР и другие, проводятся работы по созданию и усовершенствованию конструкций дереворежущего инструмента, оснащенного сверхтвердыми инструментальными материалами.

Необходимость проведения таких работ обусловлена исключительно высокой износостойкостью сверхтвердых материалов. По некоторым данным [1, 2], износостойкость различных сверхтвердых материалов при обработке древесностружечной плиты от 5 до 10 раз превышает износостойкость применяемых в настоящее время твердых сплавов. Однако эти данные носят общий характер. Конкретных данных об износе определенного сверхтвердого материала в зависимости от режимов и параметров обработки нет.

Целью данной работы является получение математического описания количественных характеристик износа белбора при обработке древесностружечной плиты.

В основу эксперимента было положено центральное композиционное равномер-рототабельное планирование второго порядка, позволяющее описать поверхность отклика полиномом второй степени [3].

Эксперимент проводился на установке и по методике, описанной в работе [2]. Количественной характеристикой износа (выходная величина) использовался линейный износ резцов, величину которого можно легко, быстро и с высокой степенью точности измерить. В качестве переменных было принято четыре фактора (табл. 1), выделенных как существенные из большого числа подозреваемых факторов методом случайного баланса [3].

Постоянные условия эксперимента: толщина стружки $e = 50$ мкм, передний угол $\chi = 0^\circ$, ширина обрабатываемой полосы $B = 90$ мм.

Производилась обработка кромки древесностружечной плиты методом цилиндрического фрезерования.

Таблица 1. Переменные факторы.

Условное обозначение	Факторы	Уровни
		отрицательная величина звездного плеча
		-2
u_1	Путь резания L , км	20
u_2	Микротвердость H_M , ГПа	48
u_3	Задний угол α , град	4
u_4	Скорость резания V , м/с	22

Таблица 2. Матрица планирования

Условные переменные				Среднее арифметическое значение выхода \bar{y}	Дисперсия σ^2
u_1	u_2	u_3	u_4	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n}$	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$
-1	-1	-1	-1	99,24	13,7
+1	+1	-1	-1	66,84	3,2
+1	-1	+1	-1	115,76	11,72
+1	-1	-1	+1	127,52	8,95
-1	+1	+1	-1	47,7	1,18
-1	+1	-1	+1	60,46	11,32
-1	-1	+1	+1	106,48	1,43
+1	+1	+1	+1	74,44	4,66
+1	-1	-1	-1	117,76	4,0
-1	+1	-1	-1	50,0	3,28
-1	-1	+1	-1	96,56	26,94
-1	-1	-1	+1	108,34	6,87
+1	+1	+1	-1	63,93	4,15
+1	-1	+1	+1	123,1	8,69
-1	+1	+1	+1	55,06	1,46
+1	+1	-1	+1	76,96	1,46
-2	0	0	0	41,54	2,05
+2	0	0	0	97,22	17,71
0	-2	0	0	116,96	7,94
0	+2	0	0	16,04	1,98

интервалы и уровни варьирования

варьирования				Интервалы варьиро- вания
нижний уровень	центр эксперимента	верхний уровень	положительная величина звездного плеча	
-1	0	+1	+2	
65	110	165	200	45
60,5	73	85,5	98	12,5
8	12	16	20	4
43	64	85	106	21

и результаты эксперимента

Среднее квадратичное отклонение σ	Средняя ошибка среднего ариф- метического $\sigma_{\bar{y}}$	Коэффициент вариации ν , %	Показатель точности ξ , %
$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	$\sigma_{\bar{y}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\nu = \frac{\sigma}{\bar{y}} 100\%$	$\xi = \frac{\sigma_{\bar{y}}}{\bar{y}} 100$

3,7	1,65	3,73	1,66
1,79	0,8	2,68	1,2
3,42	1,53	2,95	1,32
2,99	1,34	2,35	1,05
1,08	0,48	2,26	1,01
3,36	1,6	5,56	2,65
1,2	0,6	1,13	0,56
2,16	0,96	2,9	1,29
2,0	0,89	1,7	0,76
1,81	0,81	3,62	1,62
5,19	2,32	5,38	2,4
2,62	1,17	2,42	1,08
2,04	0,91	3,19	1,42
2,95	1,32	2,4	1,07
1,21	0,54	2,2	0,98
1,21	0,54	1,57	0,7
1,43	0,64	3,44	1,54
4,21	1,88	4,33	1,93
2,82	1,26	2,41	1,08
1,41	0,63	8,79	3,93

Продолжение табл. 2.

Условные переменные				Среднее арифметическое значение выхода \bar{y}	Дисперсия σ^2
u_1	u_2	u_3	u_4	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n}$	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$
0	0	-2	0	114,0	9,36
0	0	+2	0	110,08	3,54
0	0	0	-2	82,96	1,51
0	0	0	+2	96,06	5,71
0	0	0	0	73,24	20,52
0	0	0	0	66,04	1,47
0	0	0	0	71,96	3,93
0	0	0	0	69,8	4,07
0	0	0	0	72,12	5,38
0	0	0	0	68,78	9,95
0	0	0	0	67,8	9,29

Эксперимент проводился по методике, описанной в работе [2].

Выбор границ варьирования таких переменных факторов, как задний угол и скорость резания, определен их наиболее часто употребляемыми в промышленных условиях значениями с учетом некоторого перекрытия. Выбор границ варьирования фактора "путь резания" определяется величиной минимально необходимого пути резания для получения возможности измерить износ (нижняя граница) и величиной пути резания, при котором происходит срыв качества обработки (верхняя граница). Выбор границ варьирования фактора микротвердость инструментального материала определен диапазоном изменения микротвердости белбора, получаемого в полупромышленных условиях в Институте физики твердого тела и полупроводников АН БССР. Изменение микротвердости достигается за счет введения соответствующего количества легирующих элементов Al; Fe; Si и др.

Примененная в эксперименте матрица планирования приведена в табл. 2. На основании матрицы планирования был поставлен эксперимент, результаты которого и данные статистической обработки приведены в табл. 2. Статистическая обработка результатов эксперимента включала проверку гипотезы о законе рас-

Среднее квадратичное отклонение	Средняя ошибка среднего арифметического σ_y	Коэффициент вариации v , %	Показатель точности ξ , %
$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	$\sigma_y = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$v = \frac{\sigma}{\bar{y}} 100\%$	$\xi = \frac{\sigma_y}{y} 100$
3,06	1,37	2,68	1,2
1,88	0,84	1,71	0,76
1,23	0,55	1,48	0,66
2,39	1,07	2,49	1,11
4,53	2,02	6,19	2,76
1,21	0,54	1,83	0,82
1,98	0,88	2,75	1,22
2,02	0,19	2,89	0,27
2,32	1,04	3,22	1,44
3,15	1,41	4,58	2,05
3,05	1,36	4,50	2,01

пределения, проверку гипотезы об однородности ряда дисперсий, отбрасывание грубых измерений [3].

Следующим этапом обработки было получение уравнения регрессии, заключающееся в нахождении коэффициентов этого уравнения. Методика нахождения коэффициентов уравнения регрессии изложена в работе [3].

Значимость найденных коэффициентов уравнения регрессии проверялась по критерию Стьюдента. После отсева незначимых коэффициентов уравнения регрессии, для которых t -критерий меньше табличного, было получено уравнение регрессии в условных переменных вида

$$y = 69,23 + 10,56 u_1 - 25,0 u_2 - 1,33 u_3 + 4,19 u_4 + 10,62 u_3^2 + 5,09 u_4^2 \quad (1)$$

Проверка адекватности данного уравнения с помощью критерия Фишера показала, что полученное уравнение регрессии можно считать соответствующим результатам опыта.

Для удобства пользования заменим в уравнении (1) условные переменные фактическими и в результате получим уравнение регрессии в его окончательном виде для фактических переменных:

$$y = 324,8 + 0,24L - 2,0H_{\mu} - 16,2\alpha - 1,34V + 0,66\alpha^2 + 0,012V^2. \quad (2)$$

Данное уравнение позволяет определить величину износа для любых комбинаций значений переменных факторов. Зная критическую величину износа, при которой происходит срыв качества обработки, можно определить оптимальные параметры и режимы резания и максимально возможный путь резания, являющийся выражением количества обработанного материала.

Анализ уравнений (1) и (2) показывает, что из всех переменных самое большое влияние на выходной параметр оказывает микротвердость белбора. Это влияние носит почти линейный характер, так как в уравнении коэффициент при переменной u_2^2 оказался незначимым. Отрицательное значение коэффициента b_2 указывает, что для получения минимального износа необходимо стремиться к максимальной микротвердости инструментального материала. Резкое варьирование износостойкости белбора при изменении его микротвердости объясняется изменением его микроструктуры. Искусственное снижение или увеличение микротвердости достигается введением определенного количества различных легирующих элементов, присутствие которых может влиять на механическую прочность, на степень проявления эффекта дисперсионного упрочнения и т. д.

Вторым по значению фактором является путь резания, влияние которого также носит почти линейный характер. Расхождение с общеизвестным фактом нелинейной зависимости износа от пути резания объясняется тем, что в нашем случае исключен участок приработочного износа. В подобных случаях зависимость криволинейна и измерения производятся, начиная не от нулевого пути резания, а от его значения, при котором износ уже успевает стабилизироваться, и его зависимость от пути резания приобретает линейный характер (табл. 1).

Третьим по значению фактором является скорость резания, а ее влияние носит квадратичный характер. Сильное влияние скорости резания на износ белбора не может быть объяснено повышением температуры в зоне резания с увеличением скорости, поскольку белбор обладает исключительно высокой теплопроводностью и теплостойкостью. В данном случае большую роль играет усиление ударного характера нагрузки при прерывистом резании с увеличением скорости резания. Все это отрицательно сказывается на прочности белбора, одним из недостатков которого является высокая хрупкость. Кроме того, при увеличении скорости резания может усиливаться механохимический износ.

Минимальное влияние на износ четвертого фактора (заднего угла) объясняется высокой по сравнению с другими инструментальными материалами теплостойкостью и теплопроводностью белбора. В силу этих свойств уменьшение или увеличение тепловыделения при трении по задней грани в зависимости от изменения заднего угла оказывает малое влияние на износ. Для увеличения прочности режущей части инструмента из белбора необходимо стремиться к уменьшению заднего угла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение сверхтвердых материалов в дереворежущем инструменте / Г.В.Бокучава, З.Д.Читидзе, Б.Л.Мгалоблишвили и др. - Деревообрабатывающая промышленность, 1978, № 8, с. 3-9.
2. Моисеев А.В., Столяр В.А. Износостойкость сверхтвердых инструментальных материалов на основе кубического нитридабора при обработке древесностружечной плиты. - В сб.: Механическая технология древесины. Минск: Высшая школа, 1980, вып. 10, с. 140-145.
3. Пижурин А.А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. - М.: Лесная промышленность, 1972.