

2. Макаров А.Д., Мухин В.С., Кишуров В.М. Влияние прочностных свойств и структурно-фазового состава жаропрочных сплавов на их обрабатываемость резанием. "Станки и инструмент". 1973, № 6.
3. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов. М., "Машиностроение", 1966.
4. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. М., "Машиностроение", 1968.
5. Ружиков А.П. Статистические методы оптимизации химических процессов. М., "Химия", 1972.

Г.В.Гостев, Н.М.Чернышев

СОКРАЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОЙКОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Известно, что при повторении стойкостных опытов при одинаковых условиях обработки резанием получаются различные значения стойкости инструмента. Это обусловлено разнообразными случайными причинами, возникающими при каждой реализации износ-время, которые практически учесть невозможно. Идеальную зависимость износ-время можно было бы получить в том случае, если бы условия обработки удалось сохранить абсолютно постоянными за все время опыта. Практически такую зависимость можно получить в результате статистического анализа достаточно большого количества реализаций износ-время, полученных при одинаковых условиях обработки, как среднюю всех реализаций. Для различных условий обработки (при разных режимах резания, обрабатываемых и инструментальных материалов и т.п.) каждый раз получается своя, присущая этим условиям зависимость износ-время.

Можно предположить, что изменение некоторых условий обработки (режима резания, геометрии инструмента и т.п.) приводит только лишь к масштабным изменениям зависимости износ-время, т.е. если привести реально получаемые зависимости к некоторым принятым значениям стойкости и износа инструмента, то получим обобщенную всех отдельных зависимостей износ-время ($\Delta - T$).

Если величина критерия затупления инструмента во всех реализациях одна и та же, то изменение условий обработки приводит к масштабным изменениям только вдоль оси времени.

В качестве масштабного коэффициента можно принять отношение некоторой принятой стандартной величины стойкости T_0 (например, равной 100 мин

или 50 мин и т.д.) к фактической стойкости рассматриваемой реализации T_i . Тогда умножением на этот коэффициент

$$K_T = \frac{T_0}{T_i} \quad (I)$$

всех точек рассматриваемой реализации $\Delta - \tau$ получим приведенную реализацию $\Delta - \tau$. В результате статистической обработки можно получить усредненную или обобщенную зависимость $\Delta - \tau$ для всех приведенных реализаций.

С целью проверки этих предположений была проведена обработка 140 реализаций $\Delta - \tau$, полученных при фрезеровании 6 марок обрабатываемых материалов (сталей X18H10T, X23H18, 2X17H1, X25T, 2X13,45Г17H3) концевыми трехзубыми фрезами, изготовленными из быстрорежущих инструментальных сталей 8 марок (P18, P12, P9K5, P4M4Ф4, P6M4Ф4, P8M3Ф4, P6Ф2K8M5 и P12Ф2K8M8). Геометрия фрез, ширина и глубина фрезерования были постоянными при обработке всех материалов, подача в зависимости от обрабатываемого материала изменялась от 0,07 до 0,13 мм/зуб, а скорость резания от 15 до 75 м/мин. СОЖ - 5%-ная эмульсия ЭТ-2 подавалась поливом. Износ зубьев фрез во всех реализациях доводился до одной и той же величины, составляющей примерно 0,35 мм на один зуб фрезы, что соответствовало затуплению фрезы. Изменение стойкостей для всех реализаций составляло от 10 до 200 мин.

Приведение всех реализаций $\Delta - \tau$ к стойкости $T = 100$ мин осуществлялось по формуле (I). Результаты приведения представлены на рис. I, из которого видно, что совокупность всех точек составляет "облако", имеющее определенную форму, характерную для типичной зависимости износ-время.

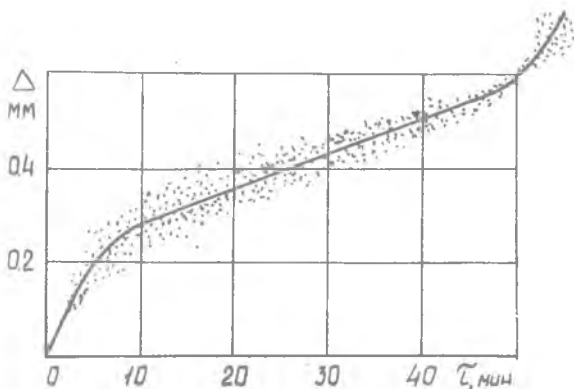


Рис. I. Обобщенная зависимость износ-время

Статистический анализ показал, что разброс точек приведенных реализаций $\Delta - T$ в сечениях, параллельных оси Δ , имеет нормальный закон распределения. В табл. I для различных значений времени резания представлены средние величины износа и доверительные интервалы при $P = 0,99$. Как видно из табл. I, величины доверительных интервалов не превосходят 5% от абсолютной величины износа на участке нормального изнашивания инструмента. На участке приработки инструмента эта величина несколько выше.

Т а б л и ц а I

T , мин	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
\bar{X} , мм	0,354	0,425	0,498	0,564	0,635	0,693	0,791	0,886	0,964	1,159
σ/\bar{x} , мм	0,028	0,0251	0,0261	0,025	0,024	0,024	0,023	0,019	0,014	0,015

На рис. I построена зависимость износ-время, являющаяся средней всех приведенных реализаций $\Delta - T$. Будем называть ее обобщенной зависимостью износ-время.

В отличие от случая фрезерования концевыми фрезами при точении 4-х марок сталей (1X18H10T, 2X17H1, 45Г17ЮЗ и Х18Т) резцами, изготовленными из пяти марок быстрорежущих сталей (P18, P9K10, P9K5, P6M3, P18Ф2К8М), величина критерия затупления в различных реализациях $\Delta - T$ была разной (0,8 - 1,4 мм). Поэтому, кроме приведения всех реализаций к единой стойкости T , осуществлялось также приведение к единой величине критерия затупления Δ_0 путем умножения всех точек уже приведенных к единой стойкости T_0 реализаций на масштабный коэффициент K_{Δ} :

$$K_{\Delta} = \frac{\Delta_0}{\Delta_i} \quad (2)$$

Статистическая обработка полученных таким образом данных показала, что и в этом случае имеет место нормальный закон рас-

пределения в сечениях, параллельных оси Δ , и никакие величины доверительных интервалов. Таким образом, полученные результаты не противоречат выдвинутому выше предположению лишь о масштабных изменениях зависимости $\Delta-\tau$ при изменении некоторых условий обработки.

Обобщенную зависимость $\Delta-\tau$, полученную для определенных величин T_0 и Δ_0 , можно легко трансформировать для любых других значений стойкости T_{0i} и износа Δ_{0i} путем умножения точек имеющейся зависимости на коэффициенты:

$$K_T = \frac{T_{0i}}{T_0} \quad \text{и} \quad K_\Delta = \frac{\Delta_{0i}}{\Delta_0} \quad (3)$$

Сравнение обобщенных зависимостей $\Delta-\tau$ для точения и фрезерования показало, что различие между ними несущественно.

Было установлено, что на характер обобщенной зависимости $\Delta-\tau$ сказывают влияние свойства обрабатываемых материалов (рис.2). Различие между обобщенными зависимостями в основном имеет место на начальном участке износа инструмента. При обработке углеродистых

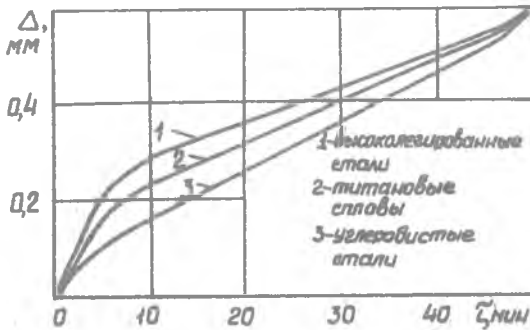


Рис.2. Влияние свойств обрабатываемого материала на обобщенную зависимость износ-время

и легированных машино-поделочных сталей (45 и 40X) темп износа на этом участке ниже, чем при обработке высоколегированных сталей (X25T, X18N10T, 2X17N1, 45Г17X и др.). При обработке титановых сплавов темп износа на начальном участке несколько ниже, чем при обработке высоколегированных сталей, но выше, чем при обработке углеродистых и легированных.

Обобщенную зависимость $\Delta-\tau$ можно использовать для прогнозирования стойкости режущего инструмента, если при этом известен какой-либо относительно небольшой участок реализации и величина критерия затупления. Пусть прогнозируемая реализация $\Delta-\tau$, соответствующая полученной опытным путем частичной реализации $a-b$ (рис. 3), будет иметь вид кривой 1, а обобщенная зависимость $\Delta-\tau$ — вид кривой 2. Из рис. 3 видно, что частичной реализации $a-b$ соответствует участок $c-d$ обобщенной зависимости $\Delta-\tau$. Согласно формуле (1) и рис. 3 имеем

$$K_T = \frac{\tau_o}{\tau_i} = \frac{\tau_d}{\tau_b} = \frac{\tau_c}{\tau_a}$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_a + \delta\tau_{ab}} = \frac{\tau_c}{\tau_a}$$

или $\tau_a(\tau_d - \tau_c) = \tau_c \cdot \delta\tau_{ab}$

Отсюда $\frac{\tau_c}{\tau_a} = \frac{\delta\tau_{cd}}{\delta\tau_{ab}} = \frac{\tau_o}{\tau_i}$

и $\tau_i = \tau_o \frac{\delta\tau_{ab}}{\delta\tau_{cd}}$ (4)

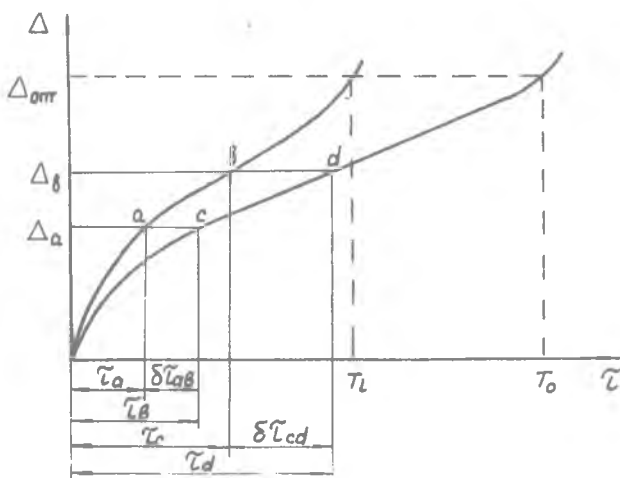


Рис. 3. Прогнозирование стойкости

С целью отработки сокращенной методики оценки стойкости были проведены опыты при точении жаропрочной стали Х18Н10Т и титанового сплава ВТ5 быстрорежущими резцами. Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) Укринол-1 подавалась в зону резания методом полива с расходом 4-5 л/мин. Износ оценивался максимальной величиной фаски износа по главной задней грани. Последовательность проведения опытов была принята следующей: при обработке стали Х18Н10Т испытания проводились на 3-х режимах: 1) $V=20$ м/мин, $S=0,23$ мм/об, 2) $V=25$ м/мин, $S=0,195$ мм/об, 3) $V=30$ м/мин, $S=0,195$ мм/об; глубина резания во всех опытах была постоянной и составляла 1 мм. Испытано было три резца. На первом резце вначале резание осуществлялось на первом режиме. После достижения износа, составляющего примерно $1/3$ от критерия затупления, резание осуществлялось на втором режиме по величине износа, составляющего примерно $2/3$ от критерия затупления. На третьем режиме резец доводился до затупления. На втором и третьем резце последовательность чередования режимов осуществлялась таким образом, чтобы в итоге на каждом из режимов была получена одна полная реализация $\Delta - \tau$. Аналогичные испытания были проведены и при обработке титанового сплава ВТ5. На рис. 4 приведено по одной из полученных реализаций $\Delta - \tau$ для стали Х18Н10Т и титанового сплава ВТ5.

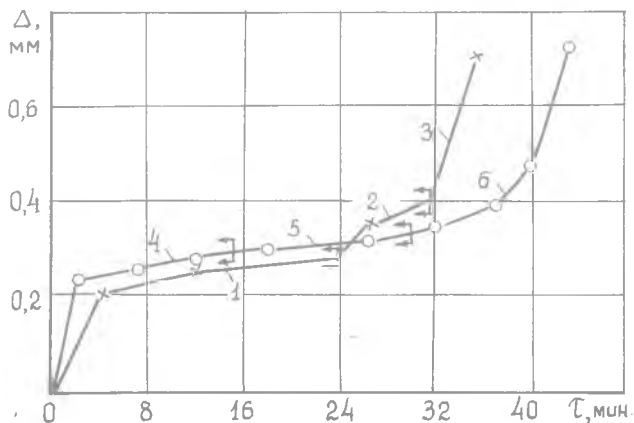


Рис. 4. Реализации износ-время, полученные при изменении режимов обработки, для стали Х18Н10Т и сплава ВТ5:
 X-сталь Х18Н10Т; O-сплав ВТ5; 1- $V=20$ м/мин; $S=0,23$ мм/об;
 2- $V=25$ м/мин; $S=0,195$ мм/об; 3- $V=30$ м/мин;
 4- $V=20$ м/мин; $S=0,195$ мм/об; 5- $V=20$ м/мин; $S=0,12$ мм/об;
 6- $V=25$ м/мин; $S=0,12$ мм/об

Одновременно с сокращенными испытаниями были проведены и полные стойкостные испытания. При прогнозировании стойкости по каждой из полученных частичных реализаций использовалась формула (4) и соответствующая обобщенная зависимость износ-время (рис. 2). Результаты полных и сокращенных стойкостных испытаний приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Сравнение результатов стойкостных испытаний

Обработ. материал.	V, м/мин	S, мм/об	t, мм	Стойкость, мин	
				Полные испытания	Сокращенные испытания
Сталь X18N10T	20	0,25	1	110, 100, 76 T _{ср} = 96	93, 133, 108 T _{ср} = 111
	25	0,195	1	30, 23, 35, 35 T _{ср} = 32	25, 33, 23 T _{ср} = 27
	30	0,195	1	11, 10, 12 T _{ср} = 11	7, 19, 8 T _{ср} = 11
Титановый сплав BT6	20	0,12	1	-	125, 126, 135 T _{ср} = 145
	20	0,195	1	26, 30, 40 T _{ср} = 32	40, 40, 35 T _{ср} = 38
	25	0,12	1	-	26, 64, 33 T _{ср} = 41

Как видно из нее, стойкости, определенные обоими методами, достаточно хорошо коррелируют между собой, а статистическая обработка показала, что различие между средними стойкостями несущественно.

Подобные испытания, проведенные при точении, дисковом фрезеровании стали 45, концевом фрезеровании различных сталей, также показали удовлетворительные результаты.

Применение предлагаемой сокращенной методики оценки стойкости инструмента сокращает затраты и время проведения стойкостных испытаний в 3-4 раза.