

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЕЛИЧИН ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТОВ С ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНАМИ В МОМЕНТ СЪЕМА СО СТАНКА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В производстве в качестве критерия смены инструмента редко используется заданная величина допустимого износа. Такими показателями могут быть: допустимая точность обработки, характерный шум, вибрации станка, замена других инструментов наладки либо пластин многозубого инструмента, перерыв на обед. Таким образом, критерий смены инструмента носит случайный характер.

С целью совершенствования методов определения стойкости проведены исследования по выявлению причин отказа и характера рассеивания величин износа инструментов в момент съема.

Исследования причин отказа и измерения износа сменных твердосплавных пластин проведены в ИРК МАЗ. Исследовались неперетачиваемые пластины различных форм, размеров, марок твердых сплавов, одно и двух сторонние.

В качестве основных причин отказа были выявлены: износ по задней поверхности, выкрашивание и разрушение режущей кромки (поломка вершины). Химический износ, пластическое деформирование вершины, повреждение режущей кромки вне зоны резания, лункообразование на передней поверхности, абразивный износ, наростообразование, трещины встречаются значительно реже. Объяснить это можно склонностью твердого сплава к разрушению, особенно при переменных нагрузках; высокой теплоустойчивостью, износостойкостью и инертностью к обрабатываемому материалу; сложностью выявления данных причин отказа пластин, т.к. они самостоятельно проявляются редко, а чаще всего предшествуют либо сопутствуют основным причинам выхода из строя.

Износ только по задней поверхности встречается редко и ему, в основном, сопутствует выкрашивание пластины.

Преобладание поломок над остальными причинами отказа выявлено на ромбических неравносторонних пластинах (рис. 1), используемых в торцовых фрезах, что связано с работой инструмента в тяжелых условиях с переменными нагрузками и недостаточной жесткостью станка.



*Рис. 1. Гистограмма причин отказа твердосплавных режущих пластин KNVX-160410 из сплава марки МТ1 (производитель САНДВИК-МКТС).*

*Характер повреждения грани: — грань не повреждена; 1 — износ по задней поверхности; 2 — химический износ (окисление); 3 — пластическая деформация вершины; 4 — повреждение стружкой вне зоны резания; 5 — лунообразование на передней поверхности; 6 — абразивный износ; 7 — наростообразование; 8 — выкрашивание; 9 — поломка вершины; 10 — термотрещины (примечание: цифры через запятую означают, наличие нескольких повреждений на грани)*

Величины износа  $h_c$ , при которых инструменты снимаются со станка, изменяются в широких пределах. Причиной значительного рассеивания  $h_c$  является то, что рабочий-оператор или наладчик не производят периодического измерения износа.

Для исследования рассеивания величин износа в момент съема со станка использовались пластины, изношенные по задней поверхности, без сколов и поломок. Измерения износа выполнялись при помощи лупы Бринсля, имеющей цену деления 0.1 мм. Пример гистограммы износа пластин по задней поверхности в момент съема со станка представлен на рис. 2, а эмпирическое распределение и поставленный ему в соответствие теоретический закон распределения износа, на рис. 3.



Рис. 2. Гистограмма износа трехгранных режущих пластин 02114-100608 из марки твердого сплава T15K6 в момент смены

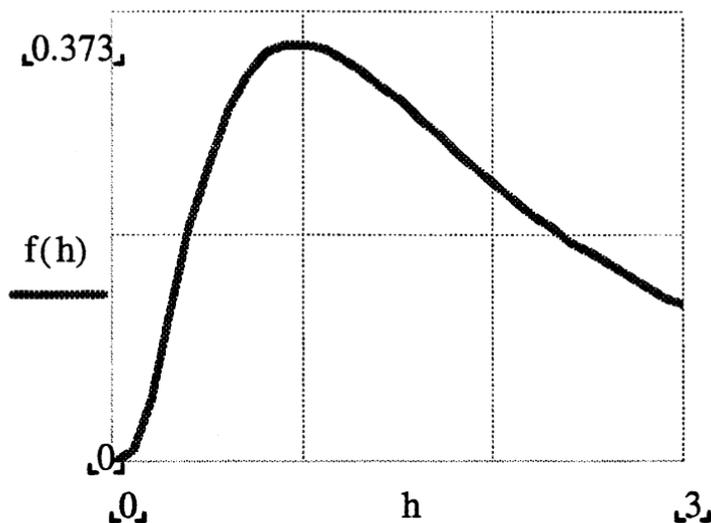


Рис. 3. Теоретический закон распределения износа трехгранных режущих пластин 02114-100608 в момент смены:  
 1 — кривая плотности логнормального распределения износа

Анализ полученных распределений показал, что износы при замене гра-ней подчиняются различным законам. Выявлено, что пластины склонные к поломкам, если сняты до момента разрушения, имеют рассеивание износа, описываемое экспоненциальным законом, плотность распределения кото-рого имеет вид:

$$f(h) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot h},$$

где  $\lambda$  — параметр распределения.

В частности, для треугольных пластин TNMM160308 производства САНДВИК-МКТС:

$$f(h) = 0.452 \cdot e^{-0.452 \cdot h}.$$

Для ромбических неравносторонних пластин KNVX160410:

$$f(h) = 0.448 \cdot e^{-0.448h}.$$

Большинство таких пластин снимается со станка, недоработав до при-нятого критерия допустимого износа, т.к. велика вероятность их поломок.

Износ квадратных и ромбических пластин с углом при вершине  $80^\circ$  лучше всего описывается распределением Вейбулла:

$$f(h) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{h}{a}\right)^b},$$

где  $b, a$  — параметры формы распределения.

В частности, для квадратных пластин SNMM1904:

$$f(h) = \frac{0.391}{1.977} \cdot \left(\frac{h}{1.977}\right)^{0.391-1} e^{-\left(\frac{h}{1.977}\right)^{0.391}}.$$

Для ромбических пластин 05131120408 из минералокерамики ВОК и пятигранных пластин из сплава Т15К6 подходит нормальный закон распре-деления износа в момент съема:

$$f(h) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\left(\frac{h-h_{cp}}{2\sigma}\right)^2},$$

где  $h_{cp}, \sigma$  — параметры распределения.

В частности, для пластин из минералокерамики:

$$f(h) = \frac{1}{0.275 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\left(\frac{h-0.714}{2 \cdot 0.275}\right)^2}.$$

Полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования распределения стойкости по реализациям износа при случайном критерии смены инструмента и определения периода стойкости с заданным уровнем вероятности, а также для решения обратной задачи по определению величины допустимого износа обеспечивающей заданный уровень надежности инструмента.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

— твердосплавные пластины чаще, чем быстрорежущие инструменты выходят из строя по причине поломки вершины или выкрашивания режущей кромки. Это связано с особенностями физико-механических свойств твердосплавных пластин и высокими режимами при резании. В таких условиях критерий замены инструмента должен учитывать не только износ, но и прочностные характеристики инструмента;

— при отсутствии активного контроля состояния инструмента, износ при замене режущих граней носит случайный характер с рассеиванием величин в широком диапазоне. На вид и форму закона распределения износа в момент съема влияет преобладающий характер отказа пластин. При частых поломках износ при съеме пластины приближается к экспоненциальному закону распределения, т.е. большинство пластин снимается со станка при износе меньше допустимого. При этом ресурс пластин остается недоиспользованным. Если количество поломок сокращается, то закон распределения износа приближается к нормальному.

Результаты работы могут быть использованы при нормировании расхода инструмента и назначении оптимальных режимов резания с учетом заданного уровня надежности при механообработке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. для вузов / — Мн.: Выш. шк., 1990. — 542 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1964. — 576 с.
3. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. — М.: Машиностроение, 1972. — 216 с.
4. Правила проверки согласия опытно-распределения с теоретическим. ГОСТ 11.006-74.