

УДК 621.9.042

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ**

**Ж. А. МРОЧЕК***Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск***Г. Ф. ШАТУРОВ***Частное учреждение образования «БИП – Институт  
правоведения», Могилевский филиал***Д. Г. ШАТУРОВ***Государственное учреждение высшего профессиональ-  
ного образования «Белорусско-Российский  
университет», г. Могилев*

Повышение стойкости режущих инструментов связано не только с использованием новых инструментальных материалов и сплавов, но и с изучением особенностей их изнашивания и создания наилучших условий процесса трения, способствующих повышению их износостойкости.

Процесс трения двух поверхностей представляет собой открытую термодинамическую систему, получающую энергию, а из внешней среды – отрицательную энтропию, которая при изнашивании поверхностей, исходя из внутренних и внешних условий, стремится к равновесному состоянию с минимальным потреблением энергии для своего существования. В этом случае процесс трения можно рассматривать не только как разрушительный процесс, но, при определенных условиях, как созидательный, который сам создает стационарные состояния обмена энергией или веществом с внешней средой в результате самоорганизации новых структур [1], [2].

В результате самоорганизации процесса трения при изнашивании поверхностей и их разрушения постоянно стабилизируются условия, снижающие износ и силу трения.

Рассмотрим особенности процесса резания металлов, когда одно твердое тело (резец) разрушает другое (обрабатываемая заготовка) с наличием процессов трения на разделяющих их друг от друга поверхностях.

Процесс изнашивания твердосплавного режущего инструмента характеризуется тем, что на контактной рабочей поверхности лезвия под действием кислорода воздуха и высоких температур (500...900 °С) в результате химических реакций происходит самоорганизация новых структур в виде оксидных, окисных пленок и адсорбированного слоя материала [2]. Твердость поверхности оксидов кобальта, вольфрама и титана:  $\text{CO}_3\text{O}_4$ ,  $\text{C}_6\text{O}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  в 40...60 раз ниже, чем твердых сплавов. Оксидные и окисные пленки железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), образующиеся на поверхностях резания и стружки, уменьшают интенсивность изнашивания, так как предотвращают непосредственный их контакт, уменьшая тем самым коэффициент трения. Таким образом, открытая термодинамическая система трения поверхностей инструмента при

изнашивании стремится к своему стационарному состоянию с минимальным потреблением энергии, используя принцип самоорганизации.

Однако цикличность и дискретность процесса резания, наличие микронеровностей на лезвии и стружке, отсутствие непрерывного, сплошного контакта с поверхностями инструмента и малая их площадь, а также непостоянство «мостиков» контакта по площади, вследствие взаимного перемещения изнашиваемых поверхностей, приводит к увеличению давления, хрупкости окисных и оксидных пленок, разрушению карбидов в матрице твердого сплава и к изнашиванию инструмента. В период приработки инструмента скорость разрушения оксидных пленок значительно превышает скорость их образования. По мере уменьшения величины шероховатости поверхностей инструмента наступает процесс его устойчивой эксплуатации. В результате самоорганизации процесс трения энергетически стабилизируется с минимальным потреблением энергии исходя из предоставленных ему внешних условий. С постепенным увеличением площади износа задней поверхности резца, имеющей наибольшую скорость взаимного скольжения относительно поверхности резания, и ростом температуры образуется все больше «мостиков» адгезионного схватывания между ней и поверхностью резания. Оксидные и окисные пленки под действием температуры утолщаются, увеличивается их разрушение, приобретающее лавинный характер и приводящее к катастрофическому абразивно-адгезионному изнашиванию задней поверхности инструмента.

Известно [3], что создание условий для осуществления обратного процесса, т. е. устойчивого самосохранения и возможности восстановления новых оксидных пленок, в результате самоорганизации процесса трения поверхностей, приводит к увеличению стойкости инструмента. Это условие реализуется при ротационном резании чашечными резцами с круговой режущей кромкой (РК), когда скорость ее перемещения в зоне контакта с заготовкой соизмерима со скоростью резания. В этом случае время разрушения оксидной пленки для каждой точки РК в 20 и более раз меньше времени ее восстановления, когда она находится вне зоны резания. Однако такое увеличение длины РК и улучшение условий для самоорганизации процесса трения поверхностей инструмента не приводит к адекватному увеличению его стойкости вследствие преимущественно термоусталостного износа лезвия, обусловленного перепадом температур РК на входе и выходе из зоны резания, приводящим к образованию усталостных трещин. Установлено [3], что в этом случае стойкость элементарного участка РК ротационного твердосплавного резца оказывается меньше призматического. Исключить термоусталостный износ лезвия и создать наилучшие условия для самоорганизации процесса трения на рабочих поверхностях инструмента можно за счет уменьшения на два-три порядка скорости перемещения РК по сравнению со скоростью резания, что осуществлено в процессах шагового резания и резания с микрообновлением РК [3]. В этих условиях минимальная скорость перемещения РК в зоне резания в направлении подачи устанавливается исходя из величины оптимального или технологического критерия затупления при однократном или многократном использовании режущей чашки (рис. 1).

Продолжительность контакта элементарного участка РК с обрабатываемой заготовкой является достаточной для исключения термоусталостного износа лезвия [4]. «Мостики» контакта окисных пленок поверхности резания, имеющей наибольшую скорость перемещения относительно задней поверхности инструмента, покрытой оксидной пленкой, непрерывно меняясь местами по площади контакта, разрушают пленку, образуя на ней поперечные канавки, которые мгновенно залечиваются, предотвращая тем самым непосредственный контакт поверхностей инструмента и заготовки. В результате создание лучших условий трения для проявления процесса самоорганизации обеспечивает увеличение стойкости резца в 2...18 раз по сравнению с неподвижной РК. Значительное уменьшение скорости перемещения лезвия приво-

дит к изменению вида и уменьшению величины износа задней поверхности резца (рис. 1), стабилизации силы резания в течение всего периода стойкости инструмента, к уменьшению в 1,6...2,8 раза тангенциальной силы  $P_z$  и на 32...60 % потребляемой мощности на осуществление процесса обработки [4]. Кроме того, неизменная величина максимального и минимального износа лезвия за весь период стойкости инструмента обеспечивает одинаковое качество обработанной поверхности (шероховатость, волнистость, степень наклепа), повышает в 1,5...2,4 раза точность обработки в пределах 7 и 8 квалитетов и обеспечивает шероховатость обработанной поверхности  $Ra = 0,6...1,5$  мкм. Так, например, при обработке стального вала диаметром  $D = 850$  мм и длиной  $L = 8600$  мм ( $S = 0,5$  мм/об,  $t = 0,4$  мм;  $V = 7,1$  м/с) получена шероховатость обработанной поверхности  $Ra = 0,7...1,0$  мкм и точность обработки 0,05 мм. Следует отметить, что управление качеством обработки можно осуществлять путем изменения скорости микроперемещения лезвия режущего элемента (рис. 2).

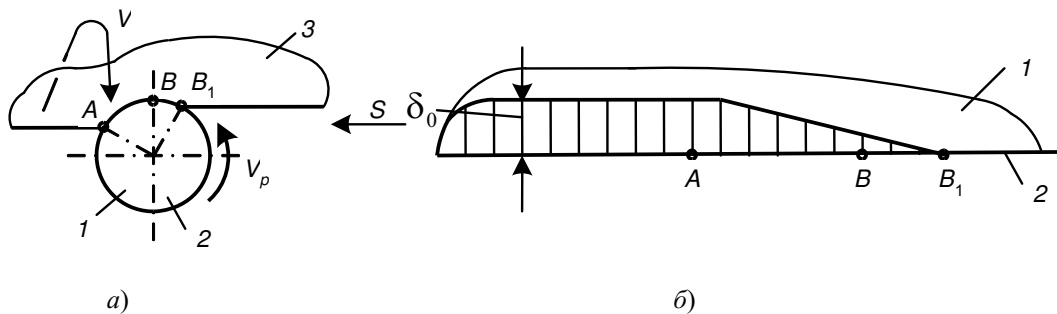


Рис. 1. Схема работы (а) и вид износа режущей кромки (б) чашечного резца с непрерывным ее обновлением: 1 – режущий элемент; 2 – режущая кромка; 3 – заготовка;  $V$  – скорость резания, м/с;  $V_p$  – скорость перемещения РК, м/с;  $S$  – подача, мм/об;  $\delta_0$  – величина износа режущей кромки резца;  $B_1, A$  – точки входа и выхода режущей кромки из зоны резания;  $B$  – величина заглупления режущей кромки резца в заготовку

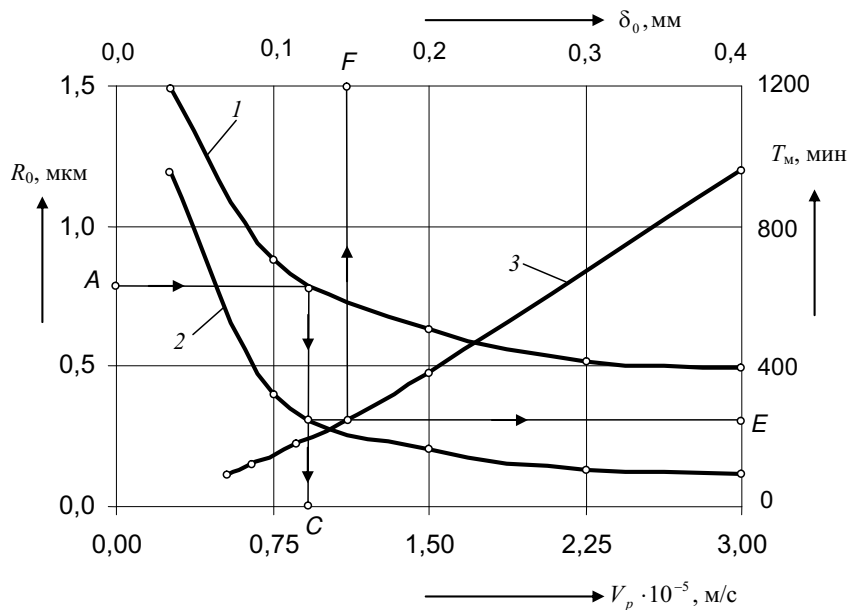


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности  $Ra$  (1) и периода стойкости резца  $T_m$  (2) от скорости  $V_p$  перемещения режущей кромки и износа задней поверхности резца  $\delta_0$  (3) от периода стойкости  $T_m$

Подача  $S = 0,5$  мм/об; глубина резания  $t = 0,5$  мм; скорость резания  $V = 4$  м/с; материал – сталь 45.

Используя результаты исследований (рис. 2), можно получить в первом приближении необходимую скорость перемещения режущей кромки  $V_p$  при заданной величине шероховатости  $Ra$ . Например, если  $Ra = 0,82$  мкм (точка  $A$ ) и скорость  $V_p = 0,95 \cdot 10^{-5}$  м/с (точка  $C$ ), получим стойкость резца  $T_m = 280$  мин (точка  $E$ ), а величина износа задней поверхности резца будет  $\delta_0 = 0,16$  мм (точка  $F$ ). Следовательно, использование предлагаемой монограммы позволяет осуществлять выбор оптимальных режимов обработки при создании нового технологического процесса и формообразования цилиндрических поверхностей деталей.

### Литература

1. Гаркунов, Д. Н. Триботехника : учеб. для студентов втузов / Д. Н. Гаркунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1989. – 328 с.
2. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычик, В. С. Комбалов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 526 с.
3. Шатуров, Г. Ф. Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей / Г. Ф. Шатуров, Ж. А. Мрочек. – Минск : УП «Технопринт». – 460 с.
4. Шатуров, Г. Ф. Теоретические и технологические основы ротационно-шаговых и совмещенных способов формообразования поверхностей : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Г. Ф. Шатуров ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2004. – 44 с.

Получено 10.04.2006 г.