

ИЗНАШИВАНИЕ СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Э. З. АХМЕТОВА¹, А. М. МИГРАНОВ²

¹ elvira-ahmetova@yandex.ru, ² migranov_art_1993@inbox.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В работе показано, что порошковые инструментальные материалы на основе быстрорежущей стали, дополнительно легированные карбидом титана (карбидосталь), обладают высокой износостойкостью и их можно классифицировать как новый класс самоорганизующихся инструментальных материалов. Они способны образовывать во время работы устойчивые высокопрочные вторичные структуры, которые эффективно защищают трущуюся поверхность инструмента от повреждения. Износостойкость такого инструмента в 2-3,5 раза выше износостойкости обычных инструментов из быстрорежущей стали.

Ключевые слова: трение; износ; трибология; самоорганизация; инструментальные материалы; вторично-ионная масс-спектрометрия; Оже-электронная спектроскопия.

ВВЕДЕНИЕ

Процессы разрушения и отделения частиц износа возникают и развиваются в результате увеличения (активации) и уменьшения (пассивации) энергии поверхности. Высвобождение тепла обуславливает термическую активацию процессов при трении [1–5].

Величина изменения внутренней энергии играет основную роль в контактных процессах в зоне резания, определяет механизм развития новых фаз и структур, контролирует величину, тип их деформации и последующее разрушение. Активация приводит поверхностные слои в неравновесное состояние.

Таким образом, за активацией следует пассивация с последующим взаимодействием с окружающей средой и образованием защитных структур. Можно предположить, что основную концепцию конструирования трибосопряжений обеспечат самоорганизующиеся износостойкие материалы.

Фазовые и структурные превращения с образованием устойчивых слоев, которые эффективно защищают контактирующие поверхности инструментов, возникают в этих материалах в зоне резания. В этом случае появляется возможность направленно

но воздействовать на трение и способствовать максимальному увеличению износостойкости трибосистемы [6].

В работе исследовались износостойкость и триботехнические характеристики при изменении состава и атомной структуры поверхностного слоя материала во время обработки (резания).

В качестве исследуемых материалов были выбраны: быстрорежущие стали (Р6М5, Р12М3Ф2К5) и порошковые спеченные сплавы на основе быстрорежущих кобальтовых сталей с добавлением 20 % карбида титана.

Технология производства спеченных порошковых материалов включает в себя: смешивание порошковых материалов, их спекание и горячую штамповку выдавливанием.

Исследования износостойкости проводились при обработке точением углеродистой стали, содержащей 0,45 массы С (сталь 45) четырехгранными быстросменными инструментальными пластинами (с размерами 12x12 мм).

Триботехнические свойства исследуемых трибопар были определены с помощью адгезиомера, конструкция которого описана в работе [6].

Исследование микроструктуры поверхности инструмента выполнялось с помощью сканирующей электронной микроскопии и локального рентгеновского спектрального анализа на микроскопе JSM – U3.

Химические и фазовые составы инструментальных материалов, а также составы пленок, образовавшихся на инструменте и в лунках, исследовались с помощью сканирующей Оже-электронной спектроскопии (ОЭС/AES) и спектроскопии вторичной массы (ВИМС/SIMS).

Результаты испытаний на износостойкость приведены на рис. 1.

Из рисунка видно, что износ инструментов по задней поверхности из обычных быстрорежущих сталей значительно (в 2,0 – 3,5 раза) больше износа инструмента из спеченного порошкового материала. Такие результаты получились в основном за счет снижения интенсивности изнашивания и расширения зоны нормального износа.

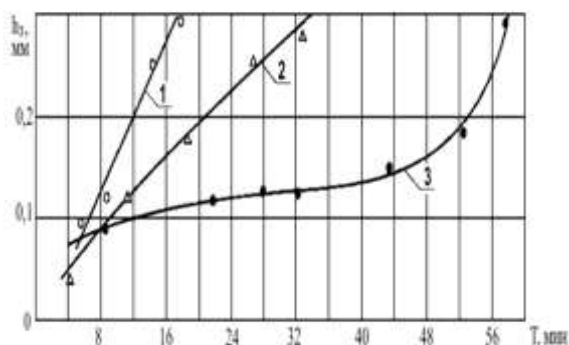


Рис. 1. Зависимость износа по задней поверхности от периода стойкости инструмента при точении стали 45:
1 – P6M5; 2 – P12M3Ф2K5;
3 – P6M5 + 20 % TiC

В зоне нормального износа уровень интенсивности изнашивания инструмента из спеченного порошкового материала гораздо ниже, чем для быстрорежущей стали (рис. 1, кривая 3).

Резание с наростообразованием типично для инструментов из всех исследуемых материалов, причем наростообразование достаточно стабильное во всех случаях. Хотя величины твердости и теплостойкости быстрорежущей стали P12M3Ф2K5 и спеченного порошкового материала (карбидосталь) довольно близки, износостойкость последнего значительно выше. Различие

в интенсивности изнашивания можно объяснить процессами на поверхности инструмента.

По нашему мнению, более низкая интенсивность износа инструментов из спеченных порошковых материалов может быть связана с присутствием карбида титана в их структуре и в значительной степени с образованием соединений, содержащих кислород (кислородсодержащих соединений) при резании.

Действительно [5, 6], при исследовании методом электронной микроскопии в фазовом составе поверхности инструмента и в лунке под индентором было обнаружено образование кислородсодержащих фаз. В процессе дальнейшего резания увеличивается образование оксида титана на контактных поверхностях.

Этот процесс сопровождается стабилизацией интенсивности износа (рис. 1) с уменьшением его величины и расширением зоны нормального износа.

Очевидно, это определяется явлением самоорганизации, которое связано с возникновением при трении вторичных структур в виде титан-кислородсодержащих соединений, играющих роль твердой смазки и устойчивых при резании [3, 4].

Как показали результаты исследования, тонкие поверхностные пленки типа TiO эффективно защищают поверхностный слой от дальнейшего износа и стабилизируют процесс износа.

Вышеуказанные данные подтверждаются результатами триботехнических испытаний инденторов, изготовленных из быстрорежущей стали и спеченных порошковых материалов [7].

Результаты испытаний, приведенные на рис. 2, показывают, что по мере повышения температуры фрикционные параметры контакта «инструмент – деталь» изменяются немонотонно.

В диапазоне температур 150–400 °С увеличение параметров фрикционного контакта связано с интенсификацией адгезионного взаимодействия на контактных поверхностях. Кривые для быстрорежущей стали и для спеченных порошковых материалов по-

добны друг другу. Однако, если при температурах до 200 °С величины фрикционных параметров практически одинаковы для всех исследуемых материалов, то при более высоких температурах разница между ними начинает увеличиваться.

При температуре около 300 °С схватывание (адгезия) на фрикционной контактной поверхности максимальное. Но фрикционные параметры у спеченных порошковых материалов значительно ниже, чем у обычных быстрорежущих сталей. Это явление, несомненно, связано с окисляемостью карбида титана и с образованием кислородсодержащих соединений на поверхности. Различие фрикционных параметров у быстрорежущей стали и у спеченных порошковых материалов максимально при температурах, приближающихся к температурам (550–600 °С) работы инструмента при обработке резанием. Это предопределяет высокие эксплуатационные свойства инструментов из спеченных порошковых материалов (рис. 1).

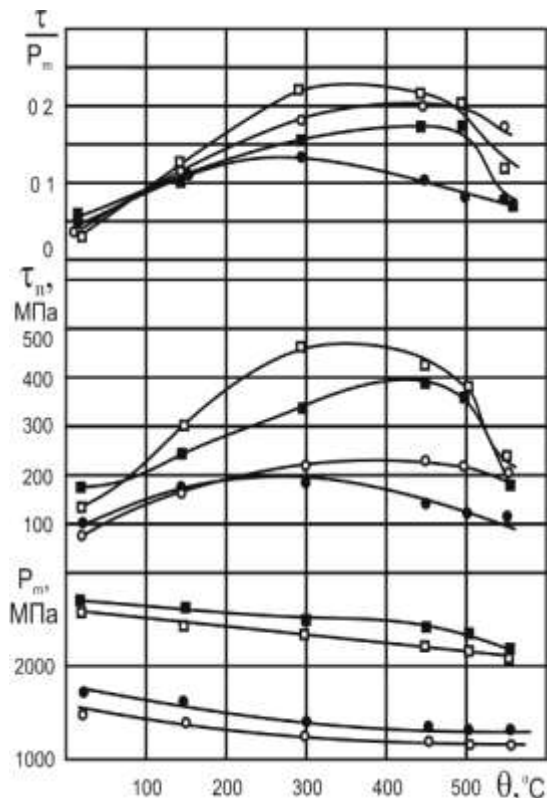


Рис. 2. Влияние температуры на триботехнические свойства материалов:

- ■ – P6M5 + 20 %TiC; ○ ● – Сталь 45 (HB 180...200); ○ □ – P6M5;
- ■ – Сталь 45 (HRC 30...32)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что легирование спеченной порошковой быстрорежущей стали карбидом титана TiC значительно влияет на износостойкость инструмента, особенно если в процессе резания происходит интенсивное преобразование этих соединений в устойчивые кислородсодержащие фазы, которые эффективно защищают контактные поверхности от схватывания (адгезии) при резании.

В процессе резания наблюдается преобразование карбидной фазы в устойчивые вторичные структуры, имеющие форму соединений из титана и кислорода. Это значительно улучшает фрикционные свойства при рабочих температурах и, как следствие, повышает износостойкость режущего инструмента.

В результате износостойкость такого инструмента в 2,0 – 3,5 раза выше износостойкости инструмента из быстрорежущих сталей.

Самоорганизация таких материалов проявляется в их способности образовывать устойчивые высокопрочные вторичные структуры, которые эффективно защищают поверхность инструмента от внешних воздействий при резании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Польцер Г. В., Эбиленг В. Н., Фирковский А. А. Внешнее трение твердых тел, диссипативные структуры и самоорганизация. Трение и износ, 1988. 82 с. [G. V. Polzer, V. N. Ebeling, A. A. Firkowski, *External friction of solids, dyspareunia structure and self-organization*. Friction and wear, 1988, pp. 82.]
2. Фокс-Рабинович Г. С. Характерные особенности легирования деформированных композиционных порошковых материалов на основе быстрорежущих сталей с учетом самоорганизации инструмента при резании. Трение и износ, 1997. 214 с. [G. S. Fox – Rabinovich, *Characteristic features of alloying HSS – based deformed compound powder materials with consideration for tool self – organization at cutting*. Friction and wear, 1997.]
3. Мигранов М. Ш., Ахмаров Р. Г., Мигранов А. М. Распределение температурных полей в зоне резания: механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования // Вестник ТвГУ. 2018. Т. 10, № 2. С. 83-86. [M. Sh. Migranov, R. G. Ahmarov, A. M. Migranov, *"Distribution of temperature fields in the cutting zone: mechanics and physics of processes on the surface and in contact with solids, parts of technological and power equipment"*, in *Vestnik TvSU*, vol. 10, no. 2, pp. 83-86, 2018.]

4. Мигранов М. Ш., Мигранова Р. М. Инструментальные покрытия с эффектом адаптации к условиям резания // Ключевые инженерные материалы. 2012. Т. 496. С. 75-79. [M. Sh. Migrantov, R. M. Migrantova, *Tool coatings with the effect of adaptation to cutting conditions* // Key Engineering Materials, vol. 496, pp. 75-79, 2012.]

5. Верещака А. А., Мигранов М. Ш. Исследование износа инструмента из прессованных и спрессованных гетерогенных композиционных порошковых материалов на основе быстрорежущих сталей с высокой температурой плавления соединений // Журнал инженерных и прикладных наук. 2015. Т. 10, № 20. С. 82-86 [A. A. Vereschaka, M. Sh. Migrantov, *Study of wear of tools made of pressed and sintered heterogeneous composite powder materials based on hss with high melting point compounds* // Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 10, no. 20, pp. 82-86, 2015.]

6. Криони Н. К., Мигранов М. Ш. Покрытия и смазки для высокотемпературных трибосопряжений. М.: Инновационное машиностроение, 2016. 377 с. [N. K. Krióni, M. Sh. Migrantov, *Coatings and lubricants for high-temperature friction units*. Moscow: Innovational mechanical engineering, 2016.]

7. Шустер Л. Ш. Адгезионное взаимодействие твердых металлических тел. Уфа: Гилем, 1999. 199 с. [L. Sh. Shuster, *Adhesive interaction solid metal bodies*. Ufa: Guillem, 1999.]

ОБ АВТОРАХ

АХМЕТОВА Эльвира Зинфировна, асп. каф. ТМ. Дипл. инженер по технологии машиностроения (УГАТУ, 2016). Иссл. в обл. нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент.

МИГРАНОВ Артур Марсович, асп. каф. ОКМиМ. Дипл. магистр техники и технологии (РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2017). Иссл. в обл. триботехнических параметров смазочных жидкостей.

METADATA

Title: Wear of sintered powder tool materials

Authors: E. Z. Ahmetova ¹, A. M. Migrantov ²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ elvira-ahmetova@yandex.ru,

² migrantov_art_1993@inbox.ru,

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (22), pp. 10-13, 2020. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The paper shows that powdered tool materials based on high-speed steel, additionally alloyed with titanium carbide (carbido-stal), have high wear resistance and can be classified as a new class of self-organizing tool materials. They are able to form stable high-load secondary structures during operation, which effectively protect the tool's rubbing surface from damage. The wear resistance of such a tool is 2-3,5 times higher than the wear resistance of conventional high-speed steel tools.

Key words: friction; wear; tribology; self-organization; tool material; secondary ion mass spectrometry; Auger-electron spectroscopy.

About authors:

АХМЕТОВА, Elvira Zinfirovna, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Mechanical engineering technology. Engineering Mechanical engineering technology (UGATU, 2016). Research in the field of applying wear-resistant coatings on cutting tools.

МИГРАНОВ, Artur Marsovich, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Basic design of mechanisms and machines. Master of engineering and technology (Gubkin University, 2017). Research in the field of tribotechnical parameters of lubricants.