

диссипативные структуры. В этой связи важными свойствами этих структур является «время их жизни» и прочность сцепления с основой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания. - М.: Машгиз, 1956. - 365 с.
2. Розенберг А.М., Розенберг Ю.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. - Киев: Наукова думка, 1990. - 320 с.
3. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. - М.: Машиностроение, 1969. - 149 с.
4. Гордон М.Б. Исследования трения и смазки при резании металлов /Кн. «Трение и смазка при резании металлов». Чебоксары: Изд-во ЧГУ, 1972. - С. 7-73.
5. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном контакте. - М.: Машиностроение, 1986. - 360 с.
6. Кабалдин Ю.Г., Олейников А.И., Шпилев А.М., Бурков А.А. Математическое моделирование самоорганизующихся процессов в технологических системах обработки резанием. - Владивосток: Дальнаука, 2000. - 194 с.
7. Красулин Ю.Л. Дислокации как активные центры в топокхимических реакциях. //Теоретическая и экспериментальная химия. - 1967. - Т.3. - № 1. - С. 58-62.
8. Розенберг А.М., Еремин А.М. Элементы теории резания металлов. - М.: Машгиз, 1956. - 319 с.
9. Лизунов В.И. Композиционные стали. - М.: Металлургия, 1978. - 150 с.

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

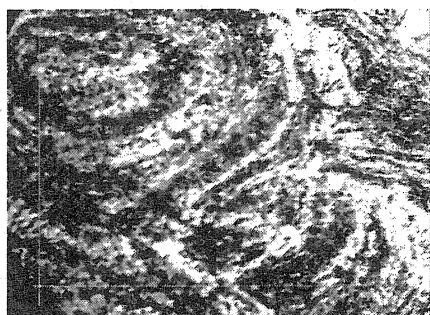
УДК 621.9

Ю.Г. КАБАЛДИН, А.А. БУРКОВ, Н.В. ВОРОНИН, М.В. СЕМИБРАТОВА

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛЬНОГО ПОДХОДА

На основе фрактального подхода исследованы свойства износостойких покрытий.

Установлено [1], что высокие  $q_n$  удельные нагрузки на режущей части инструмента и высокие  $\epsilon$  степени деформации срезаемого слоя инициируют в прирезцовых слоях струж-



а



б

Рис.1. Микрофотографии подошвы нароста при резании: а - стали 10 (x250), б - стали 45 (x250)

ки вихревые структуры (рис. 1). Образование таких структур свидетельствует о наличии в некоторых локальных деформируемых объектах крутящих моментов [1]. Образованные в тонком слое, близком к режущему лезвию, структуры находятся в виде цепочки вихрей, что свидетельствует о неоднородном течении, в осуществлении которого значительную роль играет не только сдвиговый, но и ротационный механизм деформации.

В работе [1] рассмотрен солитонный механизм возникновения таких структур (вихрей) с учетом плавления обрабатываемого материала на фрикционном контакте.

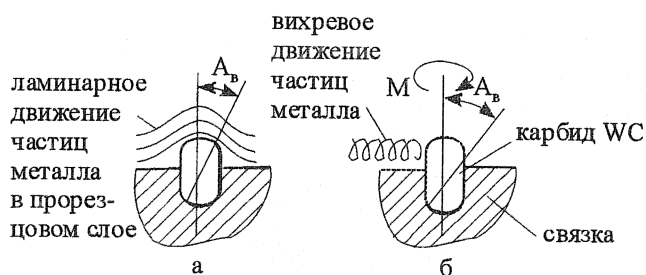


Рис. 2. Схемы раскачки зёрен в твёрдых сплавах при: а) ламинарном движении; б) вращательной компоненте

На рис. 2 показана схема “раскачки” и последующего отрыва зёрен карбидной фазы твердых сплавов при ламинарном и вихревом движении структурных элементов в прирезцовых слоях.

Вследствие реализации вихревых мод деформации износ режущего инструмента будет более интенсивным. Однако действие момента  $M$  (рис. 2,б), создающего соответствующее ускорение, будет определяться не только размером вихря, но и его энергией. Иначе говоря, чем больше раз-

мер вихря, прочно сцепленного с передней поверхностью инструмента, тем большее количество зёрен будет он охватывать. Вследствие этого эффект вырыва такой группы зёрен оказывается затруднительным. Поэтому “мелкомасштабные” вихри оказываются более сильно схвачены с инструментом, чем крупномасштабные. Это вытекает из соотношения  $F \approx \pi R^2 q_N$ . Естественно, чем больше радиус вихря  $R$  (рис. 1) и выше давление  $q_N$ , тем большей должна быть сила трения  $F$ , чтобы произошел срез вихря и вырыв зёрен карбидов инструмента, т.е. износ.

С целью повышения износостойкости (работоспособности) режущего инструмента на него осаждают износостойкие покрытия из карбидов титана  $TiC$ , нитридов титана  $TiN$  и т.д. Наряду с оценкой их прочностных свойств (энергемкости, модуля упругости, твердости и т.д.), целесообразно проводить оценку мультифрактальной параметризации с целью получения более полной характеристики их поверхностных свойств. Причем эти характеристики, как показывает опыт, играют решающее влияние на эксплуатационную надежность.

Таблица

Мультифрактальные характеристики износостойких покрытий

| Состав покрытий | Ti + TiN (КИБ) | Zr + ZrN (КИБ) | TiC + TiCN + TiN (ГТ) | TiC + $Al_2O_3$ (ГТ) |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| $D_o$           | 1,876          | 1,872          | 1,959                 | 1,989                |
| $\Delta_{40}$   | 0,141          | 0,122          | 0,303                 | 0,192                |
| $F_{40}$        | 0,931          | 1,121          | 0,375                 | 0,531                |

В ИМЕТ РАН [2] разработана методика параметрической оценки фрактальной (мультифрактальной) размерности структурного состояния материалов. В таблице приведены результаты оценки фрактальной размерности ( $D_o$ ), скрытой периодичности ( $\Delta_{40}$ ) и степени однородности ( $F_{40}$ ) различных материалов. В нашей работе сделана попытка оценить с их помощью эксплуатационные свойства износостойких покрытий.

Как видно из таблицы,  $D_o$  фрактальная размерность растёт, особенно у покрытий, осаждаемых газофазным методом ГТ (покрытия фирмы «Sandvik Coromant»). Электрон-

номикроскопический анализ структуры покрытий показывает, что они имеют мелкий размер зёрен, однако промежутки (поры) между ними оказываются соизмеримыми с размерами зёрен. Поэтому однородность  $F_{40}$  покрытий, осаждаемых методом КИБ, оказывается значительно выше. Слабым звеном покрытий, осаждаемых методом КИБ, является их низкая связь с подложкой [1]. В результате трещины, образующиеся в покрытии, расслаиваются под покрытием, что облегчает их отрыв. В пластинах с покрытиями методом ГТ трещины прорастают в основу и разрушаются вместе с объемами твердых сплавов, образуя характерные «борозды» [1].

Проведенный фрактальный анализ структур покрытий позволил наметить пути совершенствования составов покрытий с использованием мультифрактальной параметризации.

На рис. 3 приведены микрофотографии покрытий TiN и TiC+TiCN+TiN.

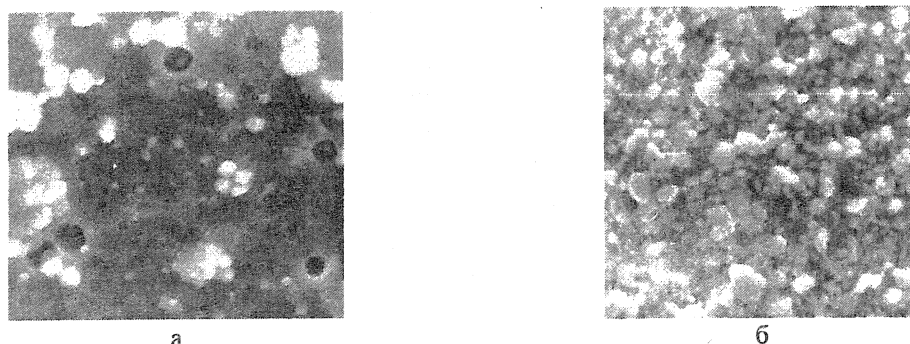


Рис. 3. Микрофотографии структуры покрытий: а) TiN; б) TiC+TiCN+TiN (x 5000)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабалдин Ю. Г. Структура, прочность и износостойкость композиционных инструментальных материалов. - Владивосток: Дальнаука, 1996. - 183 с.
2. Встовский Г. В., Колмыков А. Г. Использование подходов теории информации в физике конденсированных сред /Сб. Синергетика 2000. Самоорганизующиеся процессы в системах и технологиях. Комсомольск-на-Амуре, 2000. - С. 55-64.

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

УДК 621.9

В. Ф. КУЗЬМИН

### ПРОБЛЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрены проблемы высокоскоростного фрезерования криволинейных поверхностей в деталях летательных аппаратов и предложены пути их решения.

Современное состояние станкостроительной и инструментальной промышленности позволяет существенно поднять верхние границы скоростей обработки различных мате-