

Таблица 1. Результаты моделирования износа и стойкости инструмента при обработке сложного контура

Элементарная поверхность	Уравнение образующей	Параметры	τ_i , мин	T_i , мин	h_{pi} , мкм
Сфера	$y(x) = \sqrt{R^2 - (x-a)^2}$	$x_H = 22,5$ мм $x_K = 47,5$ мм $d_H = 80,78$ мм $d_K = 95,0$ мм $R = 47,5$ мм $a = 47,5$ мм	0,34	171,5	0,17
Конус	$y(x) = 0,016x + 47,5$	$x_H = 0,0$ мм $x_K = 125,0$ мм $d_H = 95,0$ мм $d_K = 99,0$ мм	0,54	61,0	0,47
Контур, заданный сплайном	$y(x) = 1,68992 \times 10^{-5} \times x^4 - 0,001756183 \times x^3 + 0,056556083 \times x^2 - 0,639741667 \times x + 49,5$	$x_H = 0,0$ мм $x_K = 50,0$ мм $d_H = 99,0$ мм $d_K = 90,0$ мм	0,28	115,3	0,45
Суммарная величина			τ	T	h_p
			1,16	92,0	1,09

Диаметр заготовки $D_3 = 100$ мм. Материал заготовки – сталь 45 ($\sigma_B = 750$ МПа). Материал реза – твердый сплав Т15К6. Частота вращения заготовки – $n = 500$ мин⁻¹. Площадь сечения срезаемого слоя $K = 0,7$ мм²/об.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бушуев, В.В. Станочное оборудование автоматизированного производства: в 2 т. / В.В. Бушуев. – М.: Станкин, 1993. – Т. 1. – 584 с.
- Каштальян, И.А. Повышение эффективности использования станков с ЧПУ в условиях нестационарного резания / И.А. Каштальян. – Минск: БНТУ, 2008. – 311 с.
- Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Редкол.: под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
- Ящерицын, П.И. Период стойкости и износ резцов при нестационарном резании на токарных станках с ЧПУ / П.И. Ящерицын, В.И. Туромша, Чан Ким Тоан // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1993. – №4. – С. 40–47.
- Туромша, В.И. Анализ алгоритмов управления параметрами режима резания при обработке деталей с переменной глубиной резания на станках с числовым программным управлением / В.И. Туромша, С.Н. Мищенко // Вестник БрГТУ. – 2010. – №4(64): Машиностроение – С. 2–6.
- Туромша, В.И. Моделирование стойкости инструмента при обработке с переменной скоростью резания контуров, заданных сплайнами / В.И. Туромша, С.Н. Мищенко // Вестник БрГТУ. – 2010. – №4(64): Машиностроение – С. 84–89.
- Макаров, А.Д. Оптимизация процессов резания / А.Д. Макаров. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.
- Туромша, В.И. Моделирование стойкости инструмента при нестационарном резании с учетом технологических ограничений / В.И. Туромша, С.Н. Мищенко // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2011. – №1. – С. 48–55.

Материал поступил в редакцию 13.05.11

TUROMSHA V.I., MISHCHENKO S.N. Modelling of Tool Wear and Durability in Non-stationary Cutting with Constant Section Area of the Cut

The mathematical models that allow to determine the durability period, the amount of tool degradation and the chip-cutting time in cutting workpieces with irregular depth of cut and feed for any analytically described contour including contours given by splines are developed. The feed is determined such that the section area of the cut is constant. The analysis of modelling results using as an example spherical and conical surfaces given by the equation and the approximating spline demonstrates high precision of mathematical models developed.

The error of calculating radial wear and durability period in relation to experimental data does not exceed 9,5% and 10,5% respectively, which confirms the adequacy of mathematical models developed.

УДК 621.791.92

Стефанович А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

В настоящее время существует ряд методов и технологических процессов нанесения покрытий на порошки, обеспечивающих решение различных задач. Диффузионное легирование металлических порошков применяется для целенаправленного изменения химиче-

Стефанович Александр Васильевич, младший научный сотрудник научно-исследовательской части Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

ского состава микрообъекта для последующего получения из него защитного покрытия или порошковой детали. Диффузионно-легируемые металлические порошки находят широкое применение в различных отраслях промышленности и позволяют получать покрытия с различными эксплуатационными свойствами: износостойкие покрытия для работы с ударными нагрузками, износостойкие покрытия для условий трения скольжения, износостойкие антифрикционные покрытия, износостойкие покрытия для работы в агрессивных технологических средах, износостойкие покрытия для условий интенсивного абразивного изнашивания, антифрикционные плазменные покрытия для подшипников скольжения.

Диффузионное легирование металлических порошков состоит в насыщении поверхности каждой частицы легирующим элементом из окружающей насыщающей среды при температуре диффузионного взаимодействия. В этом случае на поверхности каждой гранулометрической самостоятельной частицы формируется слой легирующего элемента. Таким образом, имеющийся опыт показывает, что химико-термическая обработка успешно применяется для легирования металлических порошков, в том числе и при создании композиционных порошков для газотермического напыления. Следует отметить также, что достигнутый современный уровень развития теории и практики химико-термической обработки позволяет получать на поверхности металлических изделий широкий спектр сплавов с различными свойствами. При формировании наплавленного покрытия из порошковых материалов на поверхности изделия одним из основных элементарных процессов является взаимодействие поверхностей частиц порошка между собой и с поверхностью изделия.

В последнее время все большее распространение в практике получения наплавленных и напыленных покрытий приобретают самофлюсующиеся сплавы, благодаря своей способности при оплавлении раскислять оксиды. Это позволяет обходиться без специальных защитных сред и флюсов.

Целью данной работы является исследование структурообразования микрообъектов из отходов инструментальных сталей путем введения углерода, азота, бора диффузионным легированием.

Реализация полученной цели возможна при использовании отходов инструментальных сталей, содержащих значительное количество карбидообразующих элементов и подвергнутых процессам цементации, высоко- и низкотемпературной нитроцементации, борирования. Значительное содержание карбидообразующих элементов (более 10%) должно обеспечить наличие твердых частиц 20–30% в наплавленном слое. Процессы цементации и нитроцементации позволяют получить повышенное содержание углерода в отходах инструментальных сталей. Легирование азотом обеспечит получение в металлической основе наплавленного покрытия требуемое количество аустенита остаточного, заменяя легирование никелем. Процесс борирования создаст на поверхности боридный слой, который уменьшит угар элементов и будет при оплавлении раскислять оксиды, что позволит обеспечить отходам инструментальных сталей самофлюсуюемость.

Для исследований были выбраны стружечные отходы инструментальных сталей Х6ВФ и Р6М5. Размеры частиц стружки имеют следующие значения: толщина 0,1–0,2 мм, ширина и длина от 0,2 до 0,8 мм. Данные размеры стружки являются технологичными при наплавке [2]. Диффузионное легирование проводилось во вращающемся контейнере, что позволило ускорить ХТО. Контейнер заполнялся смесью на 0,4–0,5 от своего объема. Вращение его осуществлялось со скоростью 1 оборот в секунду. Насыщающая смесь состояла из древесного угля и азотоуглеродосодержащих солей и карбида бора.

Микроструктура отходов быстрорежущей стали Р6М5 после различных режимов цементации представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, отходы быстрорежущей стали Р6М5 после насыщения содержат повышенное количество карбидной фазы по всему сечению стружки, и её количество в структуре зависит от следующих параметров:

- 1) температуры и времени насыщения, чем выше температура насыщения и время выдержки, тем больше карбидов в структуре (рис. 1 а, б);
- 2) при одинаковых температурно-временных параметрах цементации больше карбидов содержится у стружки меньшей толщины (рис. 1 в), так как сквозное насыщение углеродом происходит раньше, чем стружки большей толщины;
- 3) от трещин в стружке, по которым происходит диффузия углерода и образуется сплошной слой карбидной фазы (рис. 1 г).

Металлографический анализ стружечных отходов, подвергнутых насыщению углеродом, показал, что проникновение углерода происходит на всю толщину стружки независимо от температурно-временных параметров ХТО. Аналогичные результаты по структурообразованию получены и для стали Х6ВФ (рис. 1 д).

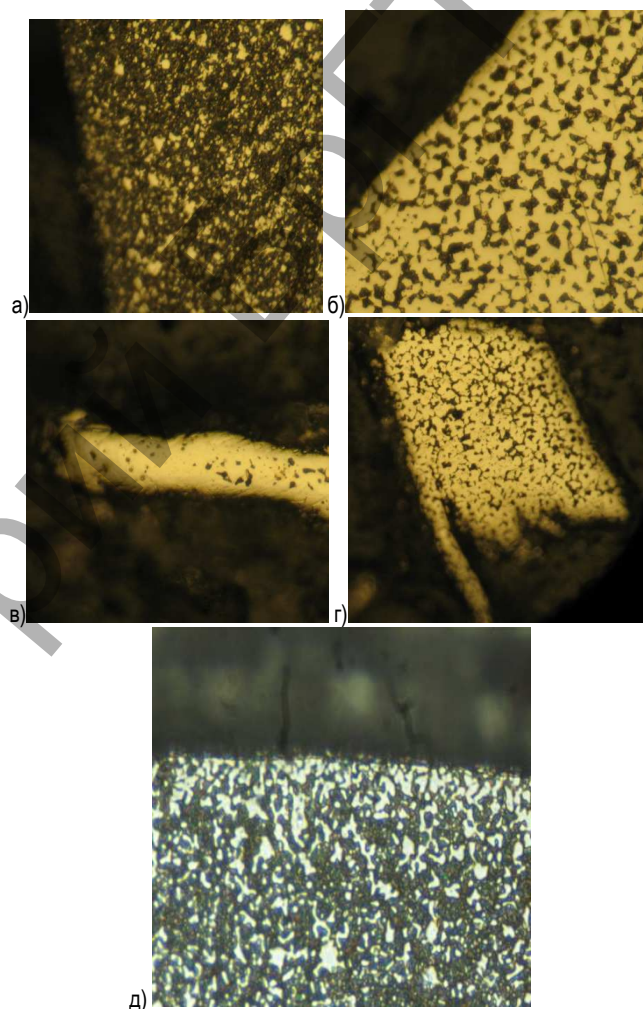


Рис. 1. Микроструктуры отходов быстрорежущей стали Р6М5: без ХТО (а); после цементации 950 °С 1 часа (б), 1050 °С 4 часа (в, г); Х6ВФ: после цементации 950 °С 2 часа (д), $\times 500$

Насыщение углеродом и азотом проводилось при температурах 550, 600, 700, 860 °С. При температуре насыщения 550 °С в отходах из стали Р6М5 формируются типичный карбонитридный слой на поверхности формируется ϵ -карбиды в виде тонкого белого слоя. Далее идет зона внутреннего карбоазотирования (рис. 2 а). С увеличением температуры насыщения нитроцементации толщина ϵ -фазы увеличивается (рис. 2 б, в), и при $t = 860$ °С (рис. 2 г) ϵ -фаза не образуется, а происходит сквозное насыщение по всему объему стружки, и в структуре увеличивается количество белых включений. При наличии большого количества трещин по объему стружки диффузия азота и углерода осуществляется по данным каналам, образуется сплошной слой карбонитридов. Такие же результаты получены для стали Х6ВФ (рис. 2 е).

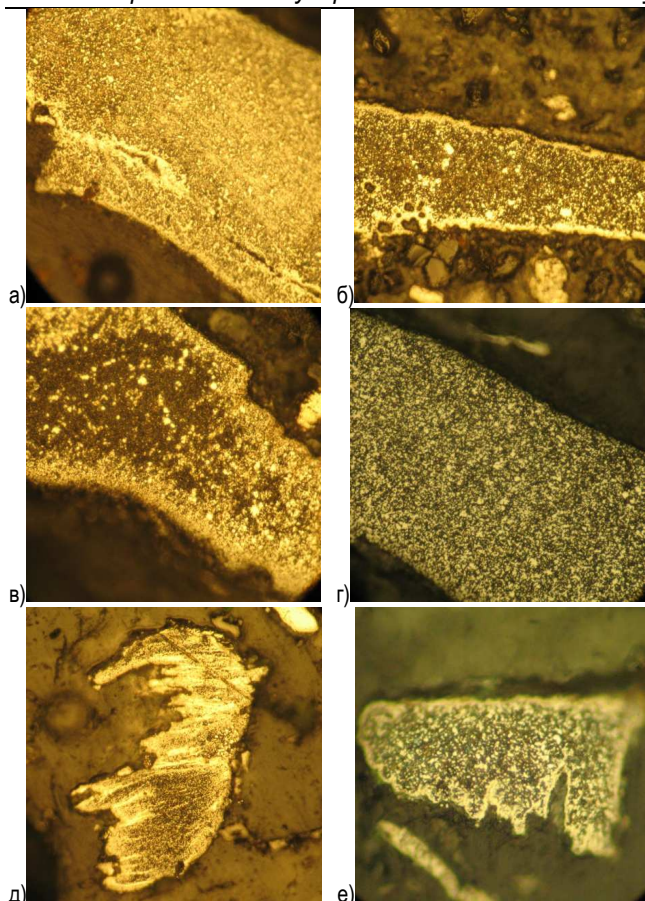


Рис. 2. Микроструктура микрообъектов из стали Р6М5 и Х6ВФ после насыщения углеродом и азотом стали Р6М5: а – 550 °С; б – 600 °С; в – 700 °С; г – 860 °С; д – Х6ВФ: е – 550 °С, ×500

Насыщение углеродом, азотом и бором проводилось ступенчато. При температуре 600 °С насыщение осуществлялось углеродом и азотом, далее температура поднималась до 900 °С, при которой осуществлялся процесс борирования. На рисунке 3 а, б представлены микроструктуры нитроцементованной стружки с последующим борированием. Как видно из них, сердцевина содержит повышенное количество белых включений карбидов и карбонитридов, а на поверхности имеются боридные фазы (белый слой).

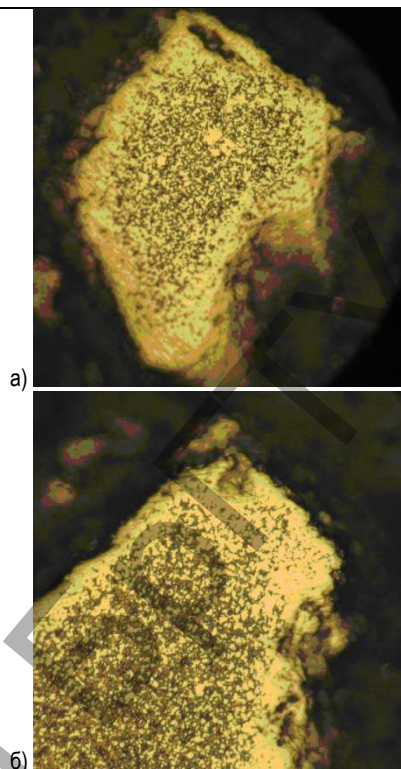


Рис. 3. Микроструктура стружки сталей после нитроцементации 600 °С 1 час и борирования 900 °С 1 час: а – Р6М5, б – Х6ВФ, ×1000

Заключение. Установлено, что при насыщении углеродом, азотом проникновение углерода и азота происходит на всю толщину стружки, а при последующем борировании на поверхности появляются боридные фазы. С увеличением температуры ХТО от 550°С насыщения нитроцементации толщина ϵ -фазы увеличивается, и при температуре 860°С ϵ -фаза не образуется, а происходит сквозное насыщение.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лифшиц, Л.С. Наплавочные материалы и технология наплавки для повышения износостойкости и восстановления деталей машин // Сварочное производство, 1991.
2. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Панталеенко, В.М. Константов, 2001.

Материал поступил в редакцию 11.10.11

STEFANOVICH A.V. Research of structure of the diffusion-alloyed waste instrumental steel

In article the possibility diffusion alloying powder materials from carbonaceous steel and their application for putting wearproof coverings of rubbing details of cars is considered. For research are used shaving waste instrumental steel and them alloying in the environment of carbon, nitrogen and a pine forest.

УДК 621.78:631.311

Ткаченко Г.А.

ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Характерными примерами основных рабочих органов почвообрабатывающих машин являются: долота, лемеха, отвалы, полевые доски плугов. Рабочие органы наиболее существенно влияют на качество процесса обработки почвы, а также определяют надежность и долговечность работы почвообрабатывающей машины.

В процессе эксплуатации детали корпусов плугов подвергаются интенсивному воздействию абразивных частиц почвы, ударных нагрузок и окружающей среды. Поэтому при выборе материала рабочего органа необходимо учитывать следующие основные факторы: прочность, пластические свойства, износостойкость.

Ткаченко Г.А., ассистент кафедры материаловедения в машиностроении Белорусского национального технического университета. Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.