

## **Карбидирация метеллорежущего инструмента**

### **Карбідізація металорізального інструменту**

#### **Carbideading of the metal-cutting tool**

Научный руководитель – ас. каф. «Технологии конструкционных материалов и материаловедения» Марченко Е. Н., Марченко Є. М., Marchenko E. N.

Бакалавр - Макуров В. Г., Макуров В. Г., Makurov V. G.

**Аннотация:** Поверхностно-диффузионная карбидизация сложнелегирующими элементами – процесс, в котором диффузионное насыщение поверхностного слоя металла сложными карбидами металлов, например хрома, ванадия, титана, вольфрама и др., сочетается с созданием карбидного покрытия на поверхности металла, в результате чего повышаются износостойкость, теплостойкость и коррозионная стойкость изделия.

**Ключевые слова:** карбидизация, насыщение, износостойкость, коррозионная стойкость.

**Анотація:** Поверхнево-дифузійна карбідізація складнолегуючими елементами - процес, в якому дифузійне насичення поверхневого шару металу складними карбідами металів, наприклад хрому, ванадію, титану, вольфраму та ін., Поєднується зі створенням карбідного покриття на поверхні металу, в результаті чого підвищуються зносостійкість, теплостійкість і корозійна стійкість виробу.

**Ключові слова:** карбідізація, насичення, зносостійкість, корозійна стійкість.

**Abstract:** Surface-diffusion carbidization by complex-doping elements is a process in which the diffusion saturation of the surface layer of a metal with complex metal carbides, for example chromium, vanadium, titanium, tungsten, etc., is combined with the creation of a carbide coating on the metal surface, resulting in increased wear resistance, heat resistance and corrosion durability of the product.

**Keywords:** carbidization, saturation, wear resistance, corrosion resistance.

На кафедре технологии конструкционных материалов и материаловедения проводился ряд исследований по карбидизации поверхности металла. В современных конструкторских решениях для получения жаро-, износо- и коррозионностойких изделий различного назначения широко применяются композиционные материалы, состоящие из металлической матрицы, в которой распределены микро- и нанокристаллы карбидов, нитридов, оксидов или интерметаллидов [1, 2]. Выбор именно металлокарбидной композиции состава Ni-TiC обусловлен тем, что изготовленные из нее покрытия отличаются

высоким уровнем физико-механических свойств за счёт сочетания твердости карбида титана и пластичности никелевой связки. Эта композиция широко применяется также в качестве безвольфрамовых твёрдых сплавов.

Перспективным методом получения этого материала является карбидизация порошка никелида титана, полученного в ходе диффузионного взаимодействия никеля с титаном, восстановленным из двуокиси титана гидридом кальция  $\text{CaH}_2$  [2].

Математическая модель получения никелида титана описана в работах [3, 4], поэтому рассмотрим моделирование заключительного этапа формирования композита Ni-TiC – стадии взаимодействия никелида титана с карбидом кальция. Для этого необходимо провести анализ диффузионно-контролируемых процессов фазовых превращений при карбидизации нитрида титана; обосновать выбор математической модели для описания процесса получения композиционного порошкового материала; сопоставить модельные представления о кинетике процесса с экспериментальными данными.

При карбидизации никелида титана в образующемся слое никеля карбид титана может, в принципе, выделяться либо в виде дисперсных частиц (внутренняя карбидизация), либо создавать на поверхности сплошную карбидную пленку (внешняя карбидизация). Характер карбидизации определяется содержанием титана в никеле. Как следует из литературных данных [5], внутренняя карбидизация сменяется внешней при выполнении условия

$$C_{\text{Ti}}^0 > \left( \pi g C_{\text{C}}^0 D_{\text{C}} V_{\text{Ni}} / 2 \nu D_{\text{Ti}} V_{\text{TiC}} \right)^{1/2},$$

где  $C_{\text{Ti}}^0$  – концентрация титана в твердом растворе Ni;  $g = V_{\text{MeC}} / V_{\text{Me}}$  (обычно равно 0,2);  $C_{\text{C}}^0$  – растворимость углерода в никеле;  $D_{\text{C}}$  – коэффициент диффузии углерода в никеле;  $V_{\text{Ni}}$  и  $V_{\text{TiC}}$  – мольные объемы никеля и карбида титана;  $D_{\text{Ti}}$  – коэффициент диффузии титана в никеле;  $\nu$  – мольное отношение C к Ti в TiC ( $\nu=1$ ).

Рассчитанные для температурного диапазона карбидизации от 1000 до 1200 °C значения концентрации титана в никеле, при которых внутренняя карбидизация сменяется внешней, равны ~69 ат.% при 1000 °C и ~ 33 ат.% при 1200 °C. Они существенно превышают предел растворимости Ti в Ni при этих температурах (11 – 13 ат.%), а это значит, что процесс в интервале температур от 1000 до 1200 °C должен проходить по режиму внутренней карбидизации [2].

Рассмотрим последовательность фазовых превращений при карбидизации никелида титана. В процессе диффузии титана к поверхности частицы никелид титана сначала превращается в  $Ni_3Ti$ , затем – в твердый раствор титана в никеле и далее – в никель, в котором распределен карбид титана. В первом приближении можно выделить два основных этапа при карбидизации никелида титана: этап зарождения и роста частиц карбида титана и этап разложения никелида титана и превращения его в никелевую матрицу, практически не содержащую титана.

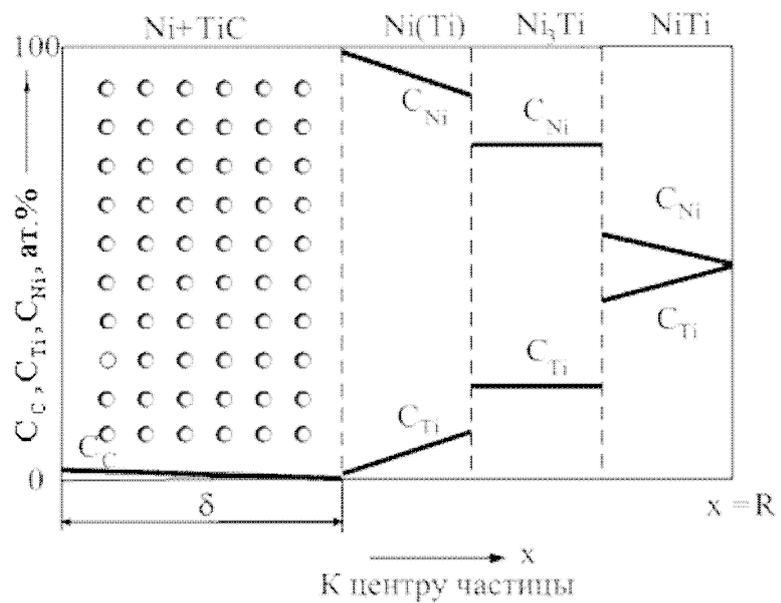
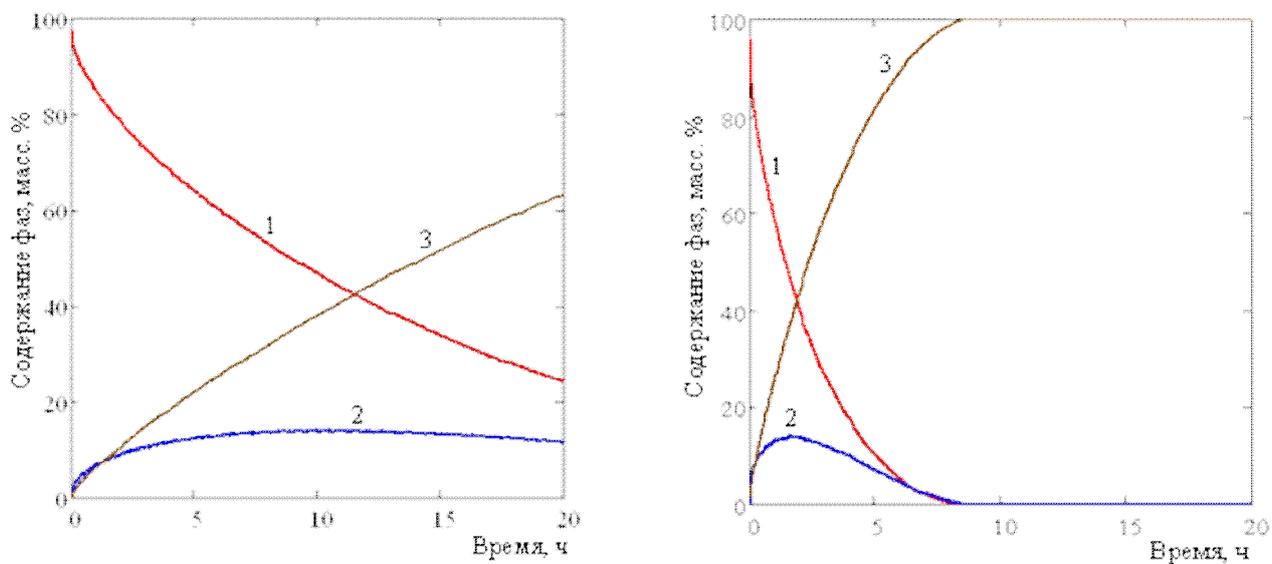


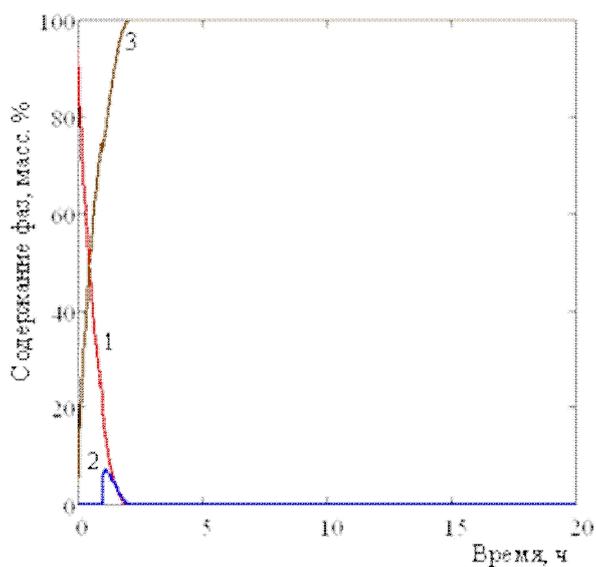
Рисунок 1 – Схема распределения фаз в частице NiTi при ее карбидизации [2]

Как следует из данных, приведенных в работе [2], длительность этапа зарождения и роста частиц карбида титана составляет около минуты, а время получения частицы с композиционной структурой на два порядка превышает это время, достигая 20 часов. Это означает, что общее время возникновения частицы с композиционной структурой определяется длительностью процесса разложения никелида титана и превращения его в никелевую матрицу. Это позволяет выбрать для проведения расчетов схему процесса, в которой исключен этап зарождения и роста карбидов.



**а**

**б**



**в**

Рисунок 2 – Временные зависимости количеств фаз в системе Ni – Ti (1 – NiTi, 2 – Ni<sub>3</sub>Ti, 3 – твердый раствор титана в никеле) при диффузии титана к поверхности частицы при температурах

а) 1000°C; б) 1100°C; в) 1200°C.

Переходя к моделированию, отметим, что согласно экспериментальным данным [2], возникновение фаз происходит в точном соответствии с изотермическими сечениями равновесной диаграммы состояния Ti – Ni [6], а концентрации элементов на межфазных границах постоянны и соответствуют равновесным значениям. При выполнении этих условий математическим выражением процессов роста и распада фаз является задача Стефана [7].

В работе [8] для математического описания изотермических диффузионных взаимодействий в твердом состоянии, когда фаз в диффузионной зоне может быть больше двух, и они могут возникать и исчезать в ходе процесса, был предложен новый метод численного решения задачи Стефана, представляющий собой вариант метода сквозного счета. На рис. 2 приведены результаты расчетов временных зависимостей относительных количеств фаз в системе Ni – Ti, выполненных по этому методу.

Расчетные данные о кинетике процессов роста и распада фаз соответствуют данным рентгеновского анализа о фазовом составе продуктов карбидизации никелида титана при различных температурах, которые приведены в работе [2]. Следует также отметить, что экспериментальные значения времени завершения процесса получения порошка с композиционной структурой по порядку величины совпадают с расчетными, что свидетельствует об адекватности предложенной математической модели процесса.

### Список литературы

1. Евтифеев С. Л. Разработка износостойкого сплава на основе системы / С. Л. Евтифеев, Д. О. Крушельницкий // Високі технології в машинобудуванні. - Харків: Вид-во НТУ "ХП", - 2017, Вип. 1 (27). – С. 48-58.
2. Евтифеев С.Л. Extended Root Dental Implants/ S.L.Yevtifyeyev, I.V. Prokopovich Научно-практический журнал «Біомедична Інженерія». Київ: Вид-во ФБМІ КПІ імені Ігоря Сікорського, - квітень 2017 р. Вип. № 4. – С. 11-15.
3. А.П. Гуляев. Металловедение. Учебник. 5-е изд., перераб. — М.: «Металлургия», 1977. — 650 с.. изд.1977г. - 650 с.
- 4 В.Н.Журавлев, О.И. Николаева. Машиностроительные стали. Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1981 г. — 391 с.
5. Е.А. Шура. Фрактография и атлас фрактограм. Справочник. Москва «Металлургия». 1982 г. – 489 с.
6. С.М. Новокщеновой и М.И. Виноград. Справочник. Дефекты стали. Москва «Металлургия» 1984 г. - 199 с.