



**С.В. Яняк**  
Вологодский государственный университет  
**Г.Ю. Пивень**  
Вологодский оптико-механический завод

## РЕЖУЩИЕ СВОЙСТВА ТВЁРДЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ТИТАНА С ЖЕЛЕЗНОЙ СВЯЗКОЙ

В статье представлены результаты исследования режущих свойств безвольфрамовых твёрдых сплавов со стальной связкой. Испытания проведены на разных скоростях и с различными составами сплавов. Даны рекомендации по применению различных сплавов на практике.

Твёрдые сплавы, карбид титана, феррит, интерметаллиды, твёрдость, прочность при изгибе.

Создание эффективных безвольфрамовых твёрдых сплавов со стальной связкой является сложной, но выполнимой задачей. Для твёрдых сплавов на основе карбида титана в качестве связки необходима специальная сталь с высокой теплостойкостью, высокой прочностью при изгибе и с высоким уровнем взаимодействия с карбидом титана. Такими свойствами может обладать только сталь ферритного класса с интерметаллидным упрочнением (разработкой которой мы занимаемся). Наш прогноз показывает выход базовых свойств сплавов TiC-спецсталь, по крайней мере, на уровень свойств твёрдых сплавов на основе карбида титана с никель-молибденовой связкой.

Недефицитный карбид титана обладает необходимыми свойствами (высокая микротвёрдость, высокий модуль упругости, прочность при сжатии, взаимодействие с металлами группы железа) для его использования в качестве твёрдой основы в твёрдых сплавах. Карбид титана находит самостоятельное применение в качестве основы безвольфрамовых твёрдых сплавов с никель-молибденовой связкой (сплавы TN20, Titanit и др.), а также в качестве адгезионно-стойкого легирующего карбида в сплавах группы ТК в сочетании с основным карбидом вольфрама и кобальтовой связкой.

Этапной работой по созданию эффективного твёрдого сплава без дефицитных компонентов (вольфрама, кобальта, по возможности – без молибдена и никеля) является изучение влияния содержания карбида титана в сплавах с железной связкой на их режущие свойства.

В качестве объекта для экспериментальной оценки свойств выбраны 4 сплава с содержанием карбида титана 70, 80, 85, 90% масс., остальное – железо. Из порошковых компонентов методом порошковой металлургии (размол, пластифицирование, прессование,

спекание) были изготовлены образцы и режущие пластины: квадрат 12,7x12,7x4,7 мм.

Испытания резанием проводились при полусточном точении стали 45 с режимами резания: скорость 100 м/мин, подача 0,5 мм/об, глубина 1,0 мм. Элементы геометрии:  $\alpha=6^\circ$ ,  $\gamma=-6^\circ$ ,  $\phi=45^\circ$ . Интенсивность износа рассчитывалась как  $h_3/T$  (ширина ленточки износа к периоду стойкости), по среднему значению для 4 вершин. Результаты испытаний приведены в таблице. Графическая обработка результатов испытаний режущих и механических свойств сплавов приведена на рис. 1.

Увеличение содержания карбида титана с 70 до 85% масс. приводит к закономерному росту твёрдости сплава с HRA86 до HRA89,5. При дальнейшем увеличении содержания TiC до 90% твёрдость не повышается из-за увеличения пористости сплава, так как объёма железной связки не хватает для заполнения промежутков между зёрнами TiC.

Увеличение содержания TiC приводит к закономерному снижению прочности сплавов при изгибе: до 80% TiC с угловым коэффициентом – 9 МПа/%TiC, после 80% TiC – более круто, с угловым коэффициентом – 27 МПа/%TiC. Снижение прочности является следствием увеличения площади ослабленных межфазовых границ TiC-Fe и пористости сплавов.

Увеличение содержания TiC от 70 до 85% приводит к закономерному снижению износа абразивом с 20,2 мг до 9 мг, далее при 90% TiC износ несколько увеличивается: до 9,6 мг, что, в общем, объясняется поведением твёрдости, прочности и структуры сплавов.

Интенсивность износа резанием по задней поверхности резца закономерно снижается с 0,78 мм/мин при 70% TiC до 0,25 мм/мин при 85% TiC. Далее износ резанием увеличивается до 0,33 мм/мин при 90% TiC, образуя общую зависимость с минимумом при 85% TiC.

Таблица

**Результаты испытаний резанием**

№ п/п	Состав сплава, % масс.	Износ резанием $h_3/T$ , мм/мин	Прочность при изгибе, МПа	Твёрдость HRA	Износ абразивом, мг
1	70%TiC, 30%Fe	0,78	790	86	20,2
2	80%TiC, 20%Fe	0,40	700	88,5	14,5
3	85%TiC, 15%Fe	0,25	560	89,5	9,0
4	90%TiC, 10%Fe	0,33	430	89,5	9,6

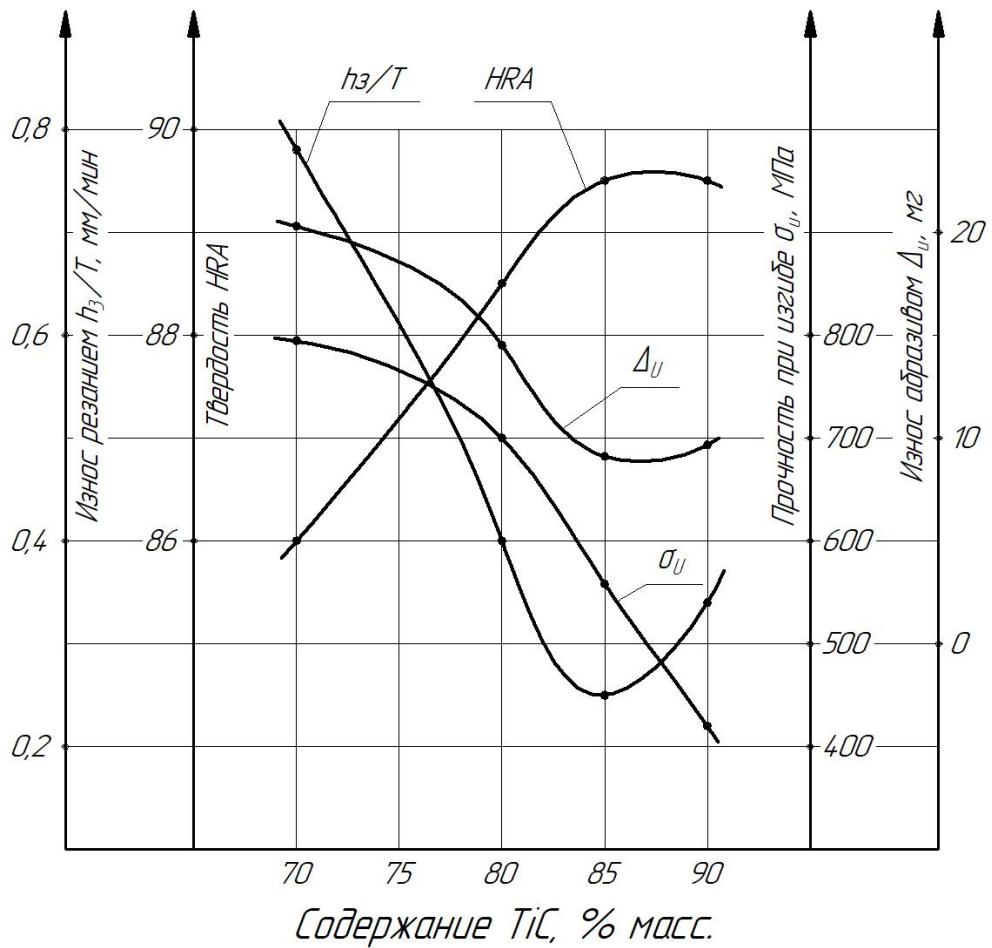


Рис. 1 Влияние содержания карбида титана на свойства сплавов TiC-Fe

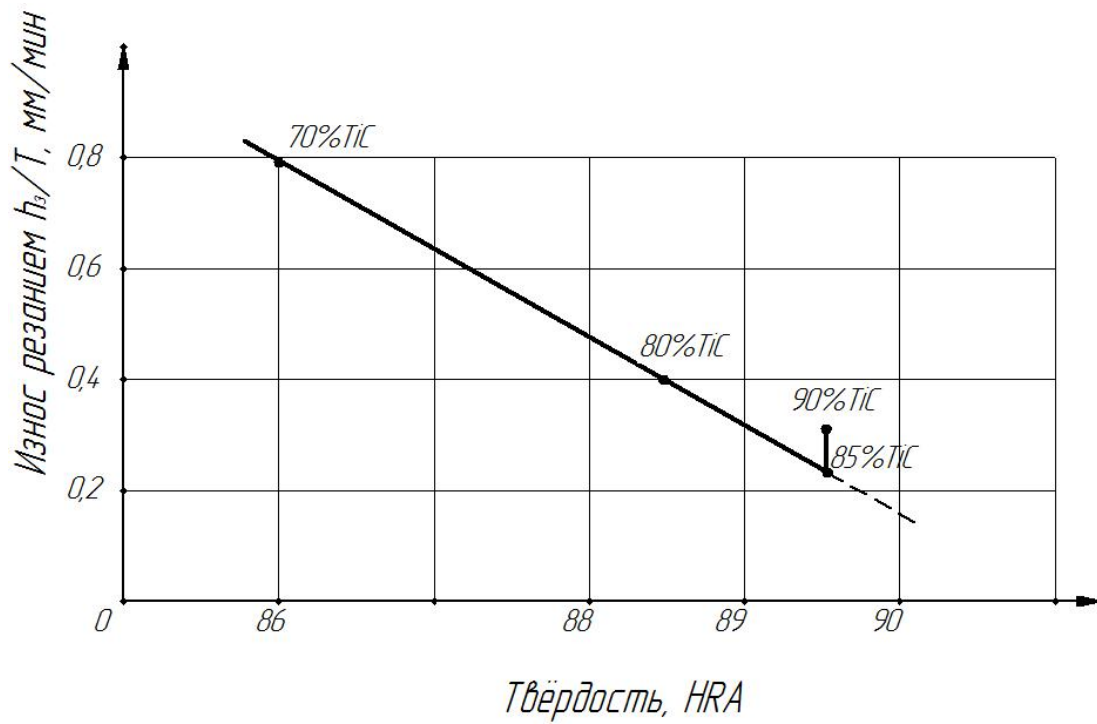


Рис. 2. Влияние твёрдости на износ резанием сплавов TiC-Fe

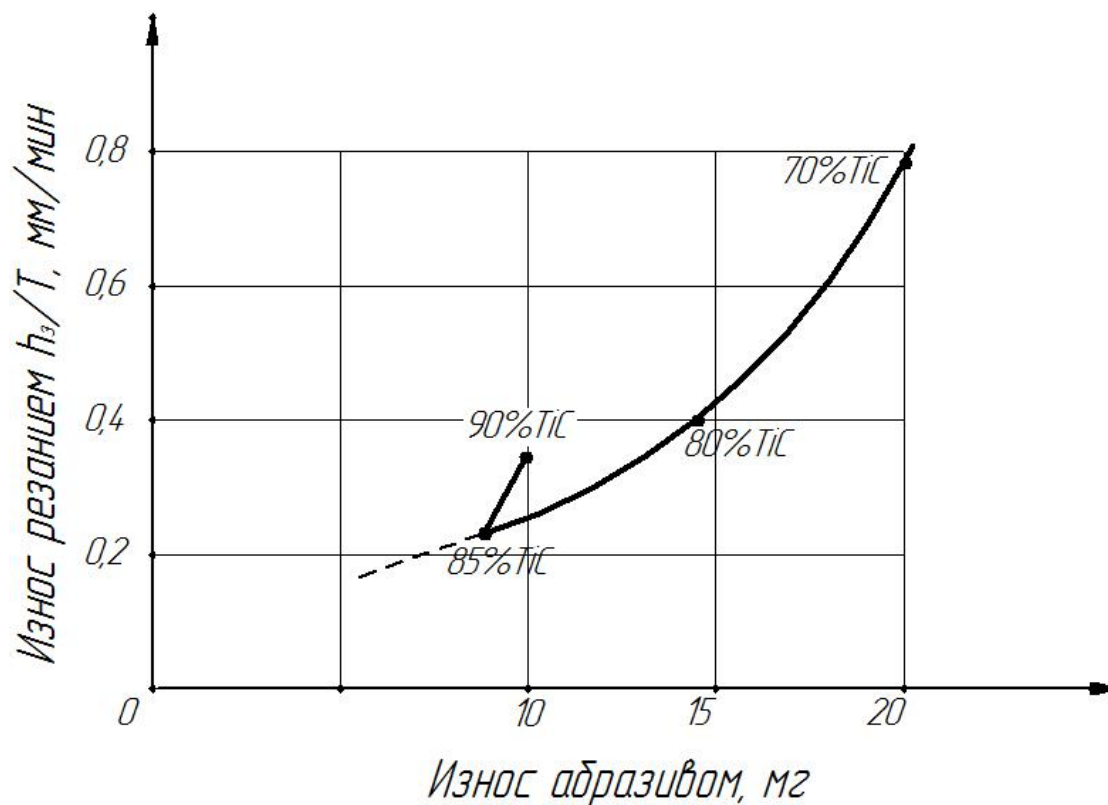


Рис. 3. Влияние износа абразивом на износ резанием сплавов TiC-Fe

Объяснение характера общей зависимости  $h_3/T$  находится в парных корреляциях « $h_3/T$ -HRA» (рис. 2) и « $h_3/T$ - $\Delta_u$ » (рис. 3), а также в структуре сплавов TiC-Fe.

На рис. 2 обнаруживается строгая линейная зависимость износа резанием от твёрдости сплавов до содержания 85% TiC, после чего следует увеличение износа резанием при 90% TiC и одинаковой твёрдости сплавов. Пунктиром показано виртуальное продолжение зависимости при уменьшении дефектов структуры сплава.

На рис. 3 обнаруживается вогнутая зависимость износа резанием от износа абразивом (микрорезанием сплава) до содержания 85% TiC с «отражением» от наименьшего значения 0,25 мм/мин до 0,33 мм/мин при 90% TiC с увеличением износа абразивом с 9 до 9,6 мг. Ухудшение режущих свойств при 90% TiC объясняется увеличением пористости и ослаблением границ TiC-Fe. Пунктиром показано возможное снижение износа резанием при уменьшении износа абразивом.

Уровень режущих свойств твёрдых сплавов на основе карбида титана с железной связкой — низкий, не позволяет рекомендовать эти сплавы для практического применения. Для сравнения: у стандартного сплава T15K6 интенсивность износа резанием в тех же условиях составила 0,02 мм/мин. Неудовлетворительные режущие свойства твёрдых сплавов TiC-Fe предположительно объясняются низкой теплостойкостью железной связки, её разупрочнением и пластическим течением при интенсивном резании. Результаты

данной работы могут быть использованы при создании эффективных безвольфрамовых твёрдых сплавов со стальной связкой для режущих инструментов.

1. Содержание карбида титана в сплаве — 80–85% масс.
2. Повышение твёрдости сплавов до HRC90-91, прочности при изгибе до 800–1000 МПа благодаря улучшению взаимодействия карбида титана со стальной связкой и упрочнению связки за счёт легирования железа.
3. Повышение теплостойкости связки путём легирования железа и создания стали с теплостойкостью 700–850°C.

#### Литература

1. Яняк, С. В. Влияние содержания карбида титана твёрдых сплавов с железной связкой / С. В. Яняк, Г. Ю. Пивень // Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства : сборник докладов. — Пенза : ПГУАС, 2018 — С. 204–209.
2. Яняк, С. В. Экспериментальная оценка свойств твёрдых сплавов на основе карбида титана со стальными связками / С. В. Яняк, Г. Ю. Пивень // Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства : сборник докладов. — Пенза : ПГУАС, 2018 — С. 210–214.
3. Самсонов, Г. В. Тугоплавкие соединения. Справочник / Г. В. Самсонов, И. М. Виницкий. — Москва : Металлургия, 1976. — 558 с.

**S.V. Yanyak, G.Y. Piven**

**CUTTING PROPERTIES OF CARBON ALLOYS ON THE BASIS OF TITANIUM CARBIDE WITH IRON BINDING**

**Abstract:** The article presents the results of a study of the cutting properties of tungsten-free carbides with a steel binder. The tests were carried out at different speeds and with different alloy compositions. Recommendations are given on the application of various alloys in practice.

*Key words:* hard alloys, titanium carbide, ferrite, intermetallic compounds, hardness, bending strength.