

PACS: 81.20.Ev

В.П. Алексеев, Ю.А. Дарда, А.С. Домарева, Г.П. Михайленко,  
Т.В. Рябина, В.Н. Прядко

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАРБИДОСТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГИДРОПРЕССОВАНИЯ

Научно-производственное предприятие «Эталон»  
ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина

*Проведено исследование влияния гранулометрического состава быстрорежущей стали на плотность прессовок. Изучены микроструктура и свойства изделий после жидкофазного спекания и последующей термообработки. Методом порошковой металлургии в сочетании с гидропрессованием получены малопористые изделия из карбидостали, имеющие высокий уровень эксплуатационных свойств.*

Карбидостали – это новый класс инструментальных материалов, которые интенсивно используются в настоящее время. Они представляют собой композиционные материалы, состоящие из зерен карбидов или карбонитридов тугоплавких металлов, равномерно распределенных в матрице из легированной стали. Получают их методами порошковой металлургии [1]. Карбидостали служат для изготовления металлорежущего инструмента. Однако не менее эффективно они могут использоваться для изготовления износостойких изделий, работающих при высоких скоростях и тепловых знакопеременных нагрузках (например, роликов вводных коробок прокатных станов). По служебным характеристикам они занимают промежуточное положение между твердыми сплавами и легированными сталями, сочетая твердость и износостойкость первых с прочностью и вязкостью последних [2].

В данной работе изучены условия получения плотных износостойких изделий из смеси порошков быстрорежущей стали Р6М5Ф3 и 20% карбида титана TiC (карбидостали) методом гидростатического прессования и последующего спекания.

Свойства карбидостали зависят от состава, дисперсности и морфологии частиц быстрорежущей стали и TiC, микроструктуры матрицы, наличия в ней дефектов и др. Технология получения карбидостали заключается в смешивании порошков тугоплавких карбидов со стальной связкой, измельчении смеси, формовании прессовок и спекании их в вакуумных печах при температуре 1350–1400°C. Уплотнение прессовок происходит в результате жидко-

фазного спекания. Преимущество этой технологии – возможность получения заготовок, максимально приближенных по форме к готовым изделиям.

С целью оптимизации режима изготовления изделий исследовано влияние гранулометрического состава быстрорежущей стали на плотность прессонок (рис. 1,б). Характеристика порошка стали после измельчения в течение 8 h в вибрационной мельнице представлена в таблице.

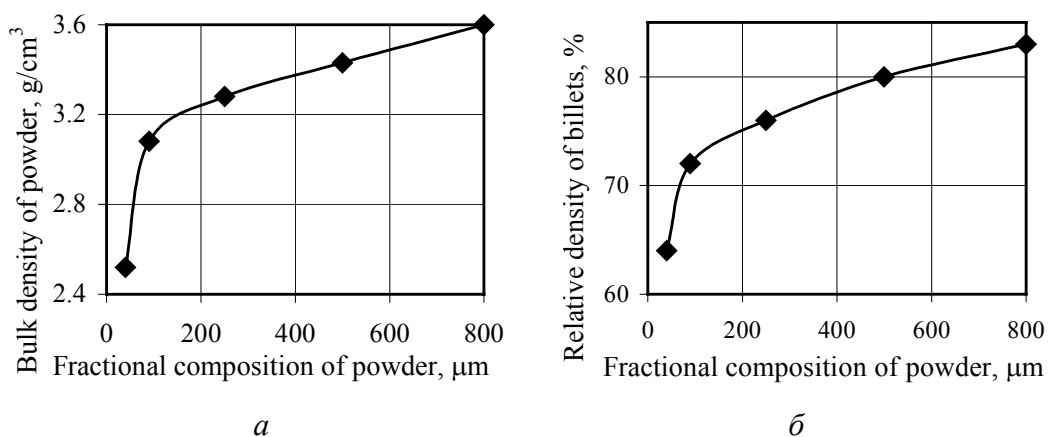


Рис. 1. Зависимость насыпной плотности порошка (а) и относительной плотности заготовок после гидростатической обработки (б) от фракционного состава порошка Р6М5Ф3

Таблица

Фракционный состав порошка быстрорежущей стали Р6М5Ф3

Процентное содержание фракции	Размер частиц, μm						
	< 800 ≥ 500	< 500 ≥ 250	< 250 ≥ 160	< 160 ≥ 90	< 90 ≥ 63	< 63 ≥ 40	< 40
< 800	5	34	27	14	6	14	3
< 250	–	–	12	22	13	27	26
< 90	–	–	–	–	8	48	44
< 40	–	–	–	–	–	–	100

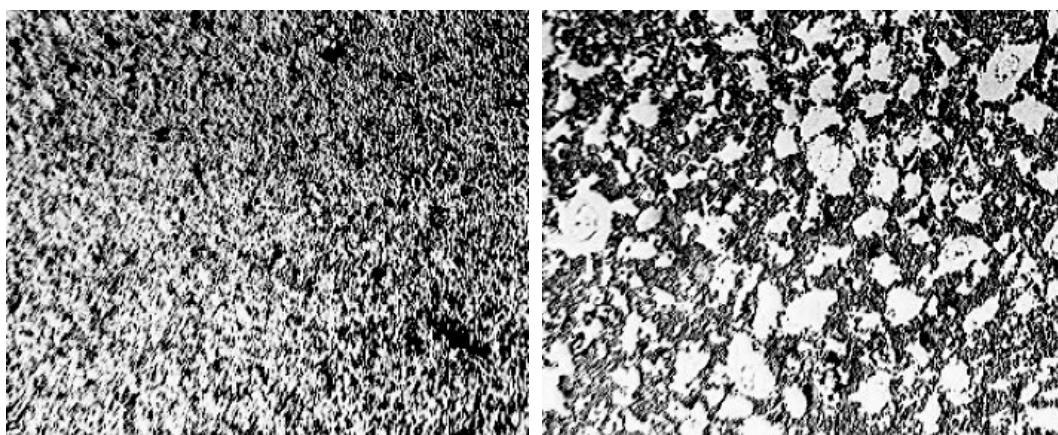
Использовали порошок быстрорежущей стали Р6М5Ф3 фракции (< 40)–(< 250) μm, средний размер частиц карбида титана ≤ 10 μm. Смешение порошков быстрорежущей стали и карбида титана осуществляли в вибрационных мельницах, где одновременно происходит и измельчение частиц порошка. Для более равномерного смешивания шихту дополнительно помещали в смеситель. Формование смеси осуществляли в гидростате на гидравлическом прессе. Оптимальный уровень давления составлял 5–6 кбар, так как при давлениях, меньших 5 кбар, прочность прессовки недостаточна для дальнейшей работы с заготовкой. При давлениях выше 6 кбар плотность практически не возрастает (кривая выходит на насыщение). Кроме того, при относительной плотности заготовок более 75% в процессе спекания затруднено выделение окиси углерода, образующейся при взаимодействии углерода с поверхностными окисными пленками, что может привести к разбуха-

нию заготовок в процессе спекания [3]. Гидростатическое давление положительно влияет на равномерность усадки изделий при спекании и обеспечивает однородную плотность изделий. Уже при обработке порошков давлением (до спекания) сцепление между частицами и прочность прессовок увеличиваются. Образовавшиеся при обработке давлением места соединения частиц при последующем спекании являются областями интенсивных диффузионных процессов. С увеличением размера частиц быстрорежущей стали плотность изделий после гидростатической обработки повышается: для порошка фракции  $< 40 \mu\text{m}$  плотность изделия составляет 65–67%, в то время как для фракции  $< 800 \mu\text{m}$  – 83%. Это связано с разной насыпной плотностью порошка различной фракции (рис. 1,а).

Спрессованные изделия подвергали жидкофазному спеканию – одной из важнейших технологических операций, применяемых в порошковой металлургии. Спекание приводит к усадке спрессованного изделия и повышению его механических свойств, прежде всего прочности, способствует снятию остаточных напряжений после прессования, восстановлению окислов. Основными технологическими параметрами спекания являются температурный режим и продолжительность процесса.

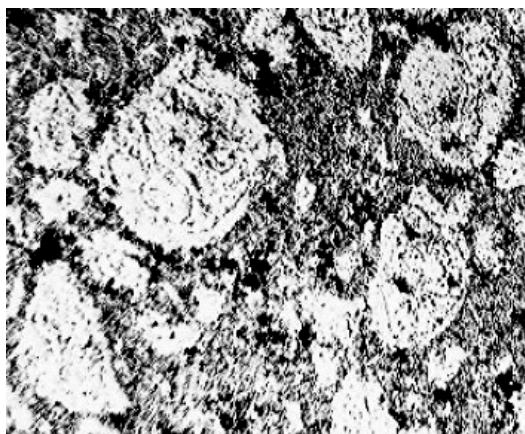
Спекание проводили в вакууме  $10^{-1}$ – $10^{-3}$  mm Hg. Технологический цикл спекания составлял 30 h. Нагрев заготовок в камере осуществляли ступенчато. Изотермическая выдержка при жидкофазном спекании приводит к более равномерному распределению жидкой фазы по объему. Температура спекания составляла  $T = 1370$ – $1390^\circ\text{C}$ , выдержка 2 h. Ступенчатое охлаждение проводили с выдержками при температурах фазового превращения. Описанный режим позволяет получать изделия с относительной плотностью  $\rho = 95$ – $97\%$ .

Основными показателями оптимальной микроструктуры карбидостали являются распределение карбидов титана в стальной матрице, плотность материала и фазовый состав матрицы. Микроструктура стали после отжига представлена на рис. 2. После отжига карбидосталь имеет твердость 38–45 HRC, что позволяет ее механически обрабатывать. После закалки микроструктура состоит из смеси высоколегированного бесструктурного мартенсита, нерастворенных карбидов и остаточного аустенита. Величина зерна после закалки сталей от оптимальных температур соответствует 9-му балу шкалы ГОСТ 5939–82. Отпуск быстрорежущей стали заключается в выделении дисперсных карбидов из мартенсита и превращении остаточного аустенита в мартенсит. Это сопровождается увеличением твердости (вторичная твердость) и получением необходимой износостойкости и прочности. Максимально возможное превращение остаточного аустенита в мартенсит можно осуществить лишь после нескольких циклов нагрева и охлаждения. После третьего отпуска количество остаточного аустенита минимально и практически весь мартенсит отпущен. После закалки и трехкратного отпуска карбидосталь, полученная жидкофазным спеканием, имеет высокую (64–67 HRC) твердость.



*a*

*б*



*в*

**Рис. 2.** Микроструктура карбидостали после отжига,  $\times 125$ . Фракция порошка быстрорежущей стали,  $\mu\text{m}$ : *a* –  $< 40$ ; *б* –  $< 90$ ; *в* –  $< 250$

Таким образом, методом порошковой металлургии в сочетании с гидростатическим прессованием удастся получать малопористые изделия из несплавляющихся компонентов с равномерным распределением мелкозернистых фаз (без применения пластификатора). Для изготовления режущего инструмента рекомендуется использовать порошок мелкой ( $< 40 \mu\text{m}$ ) фракции, а для изделий, работающих на износ, – фракции  $< 250 \mu\text{m}$ .

Проведенные производственные испытания показали, что износостойкость полученных изделий находится на уровне аналогичных зарубежных изделий.

1. *Т.А. Пумпянская, В.Я. Буланов, В.Г. Зырянов*, Атлас структур порошковых материалов на основе железа, Наука, Москва (1986).
2. *Л.А. Позняк*, Инструментальные стали, Наукова думка, Киев (1996).
3. *С.С. Кипарисов, Г.А. Меерсон, В.С. Панов и др.*, в сб.: Спеченные износостойкие материалы. Научные труды МИСиС, Металлургия, Москва (1977).

*V.P. Alexeyev, Yu.A. Darda, A.S. Domareva, G.P. Mikhailenko, T.V. Ryabinina, V.N. Pryadko*

## MANUFACTURE OF PRODUCTS FROM CARBIDOSTEEL BY HYDROSTATIC PRESSING

Influence of granulometric composition of high-speed steel on density of pressed products has been investigated. Microstructure and properties of products after the liquid-phase sintering followed by thermal treatment have been studied. Low-porous carbido-steel products possessing high service properties have been manufactured by the powder metallurgy method combined with the hydrostatic pressing.

**Fig. 1.** Dependence of the bulk density of powder ( $a$ ) and relative density of billets past the hydrostatic processing ( $b$ ) on fractional composition of powder P6M5Ф3

**Fig. 2.** Microstructure of as-annealed carbido-steel,  $\times 125$ . Fraction of high-speed steel powder,  $\mu\text{m}$ :  $a - < 40$ ;  $b - < 90$ ;  $c - < 250$