

Присяжнюк П.Н.

Ивано-Франковский национальный университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск, Украина; pavlo1752010@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА МАРГАНЦА В СВЯЗКЕ
НА СТРУКТУРУ КАРБИДОСТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА
НИОБИЯ**

Prysyazhnyuk P.N.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine, pavlo1752010@mail.ru

**INFLUENCE OF MANGANESE CONTENT IN BINDER PHASE ON
STRUCTURE OF CARBIDE STEELS BASED ON NIOBIUM CARBIDE**

Представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию марганца на структуру карбидосталей полученных методом пропитки пористых карбидных каркасов из карбида ниобия. Установлено, что повышение содержания марганца в стали способствует уменьшению межзеренных прослоек стальной связки, а также влияет на форму карбидных частиц. Частицы NbC при пропитке сталями с ~13 мас. % Mn характеризуются ярко выраженной огранкой, наличие которой свидетельствует о том, что марганец проявляет межфазную активность при пропитке, а, следовательно, способствует повышению сил сцепления между карбидной и стальной фазами.

***Ключевые слова:** карбид ниобия, карбидный каркас, пропитка, карбидостали, марганцевая сталь, форма зерен.*

Введение

Использование марганцевых сталей при разработке карбидосталей является перспективным направлением при создании новых композиционных материалов[1]. Высокая износостойкость марганцевых сталей при динамических нагрузках создает возможность компенсировать основной недостаток традиционных керамических компонентов карбидосталей (тугоплавких соединений) – низкую трещиностойкость. При этом использование марганца для легирования металлических компонентов композитов оправдано также и с экономических соображений. За данными геологической службы США (USGS) Украина занимает второе место по мировым запасам этого элемента, что свою очередь о возможность использовать отечественное сырье для изготовления комкомпозиционных материалов.

Одним из основных факторов усложняющих разработку композитов с выраженной гетерофазной структурой, содержащих марганцевые сплавы,

является высокая химическая активность марганца, которая может привести к возникновению нежелательных структурных составляющих (хрупких эвтектик, химических соединений) в процессе изготовления материала. В связи с этим для получения карбидосталей содержащих легированные марганцем стали рационально использовать технологии, при которых длительность процесса для получения безпористого материала минимальна, например горячая штамповка [2] или пропитка. При этом использование метода пропитки марганцевыми сталями спеченных карбидных каркасов марганцевыми сталями [3] имеет дополнительное преимущество, состоящее в отсутствии использования дисперсных порошков сталей.

Поскольку свойства карбидосталей определяются такими характеристиками как форма, размер, и характер взаимного распределения зерен и межзеренных прослоек связки важным фактором является оценка влияния состава связки на эти характеристики при пропитке.

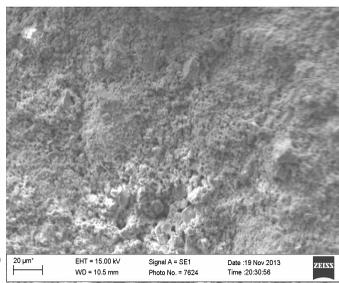
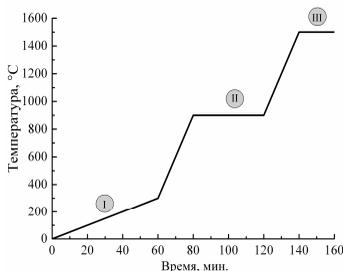
Цель

Целью работы является изучение влияния содержания марганца в стали на структуру карбидосталей полученных пропиткой пористых карбидных каркасов.

Методика исследования

В качестве исходных материалов для получения карбидосталей использовали порошок NbC (ТУ 6-09-03-6-75) со средним размером частиц ~3 мкм, сталь марки 110Г13Л (ГОСТ 977-88), сталь У11 (ГОСТ 1435 – 74). Порошок NbC замешивали на 5 - % растворе каучука в бензине, затем после сушки и грануляции прессовали в брикеты методом двустороннего прессования при ~ 300 МПа в стальной пресс-форме. Полученные прессовки спекали за режимом (рис. 1, а) для получения карбидных каркасов с открытой пористостью ~ 40 об. %. (рис. 1, б)

Пропитка каркасов проводилась при 1450 °С в атмосфере аргона (давление 0,2 МПа) сплавами сталей 110Г13Л и У11 предварительно приготовленных путем сплавления в алундовых тиглях. Таким образом, состав сплавов для пропитки существенно отличался лишь содержанием марганца при одинаковом содержании углерода. Исследования структуры проводились с помощью электронного микроскопа ZEISS EVO 40XVP. Анализ распределения карбидных зерен и межзеренных прослоек связки проводили на снимках структуры методом случайных секущих с использованием программы Image J v.1.46г.



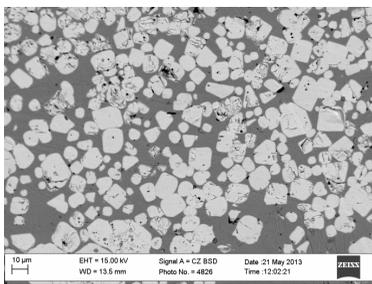
а

б

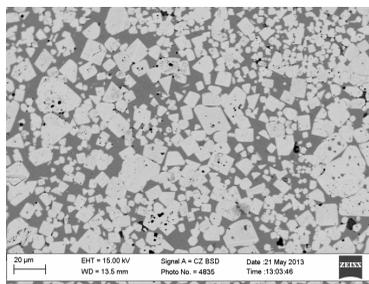
Рис. 1. Режим изготовления - а и фрактограмма излома пористого каркаса - б: I - удаление легких фракций пластификатора; II - удаление тяжелых фракций пластификатора; III - формирование каркаса

Результаты исследований

Результаты сравнительного анализа структур карбидосталей полученных пропиткой сталями с 1 % Mn (рис. 2, а) и 13 % Mn (рис. 2, б) показывают, что в обоих случаях структура представляет собой зерна карбидной фазы достаточно равномерно распределенных в стальной матрице. Однако форма карбидных частиц в карбидостали NbC–сталь (13 %Mn) характеризуется более выразительной огранкой, чем карбидосталь NbC–сталь (1 % Mn) для которой проявляется тенденция к округлению граней (форма некоторых зерен близка к сферической).



а



б

Рис. 2. Структура карбидосталей полученных пропиткой NbC марганцевыми сталями: а - 1 % Mn; б - 13 % Mn

Форма частиц тугоплавких карбидов при контакте с металлическими металлическими расплавами за данными [4] зависит от соотношения межфазной поверхностной энергии в системе карбид-расплав (γ^{pm}) и поверхностной энергии габитусной грани карбида (γ^k). Согласно [5] при значениях $\gamma^{pm}/\gamma^k < 0,58$ частицы характеризуются выраженной огранкой, при $\gamma^{pm}/\gamma^k = 0,58 - 0,71$ грани

скругляются, а при $\gamma^{pm}/\gamma^s = 0,71 - 1$ карбидные частицы принимают форму сферы. Таким образом, тенденция к огранке при повышении содержания марганца в пропитывающих сталях свидетельствует о снижении межфазного натяжения, а это, в свою очередь согласно [6] способствует повышению работы разрыва фаз по межфазной границе. Следовательно, Mn в карбидосталях на основе карбида ниобия помимо легирующего играет роль межфазно-активного элемента.

Сравнительный анализ распределения зерен и межзеренных прослоек карбидосталей проведенный методом случайных секущих показывает, что средний размер зерен в исследованных карбидосталях существенно не отличается: 6 мкм для NbC-сталь (1 %Mn) (рис. 3, а), 5,8 мкм для NbC-сталь (13%Mn) (рис. 3, б).

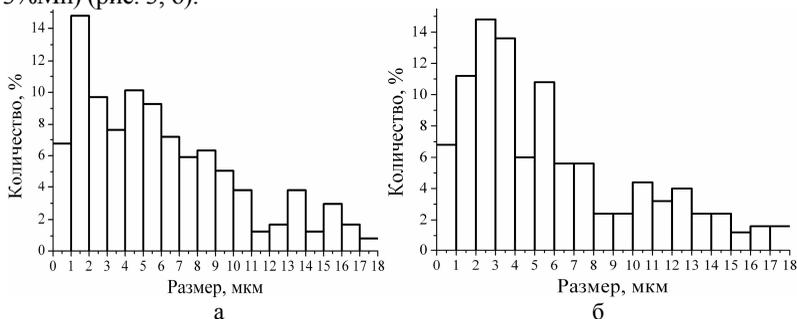


Рис. 3. Анализ распределения размеров зерен для карбидосталей на основе NbC полученных пропиткой марганцевыми сталями: а - 1 % Mn; б - 13 % Mn

Однако существенное отличие в структуре исследованных карбидосталей наблюдается для размеров межзеренных прослоек связки, средний размер которых (~ 6,2 мкм) для карбидостали NbC-сталь (1 %Mn) (рис.4, а) практически в два раза больше, чем для карбидостали NbC-сталь (13%Mn) (6,2 мкм) (рис. 4,б).

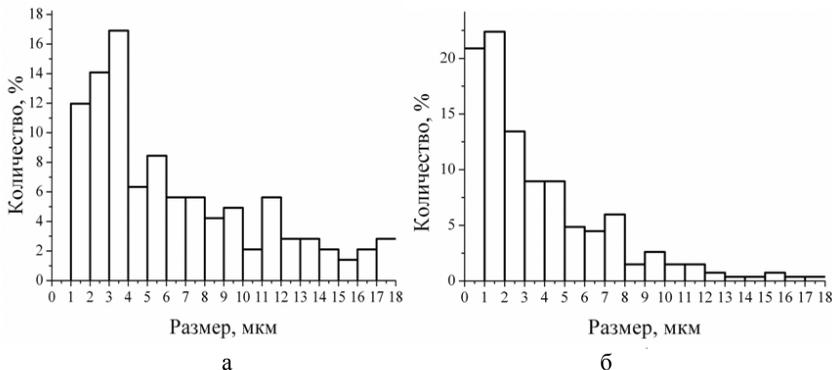


Рис. 4. Анализ распределения размеров межзеренных прослоек для карбидосталей на основе NbC полученных пропиткой марганцевыми сталями: а - 1 % Mn; б - 13 % Mn

Следовательно, повышение марганца в составе пропитывающей стали способствует уменьшению межзеренных прослоек, что способствует процессу формирования непрерывного карбидного каркаса путем роста частиц за механизмом растворения-осаждения.

Выводы

Экспериментально установлено, что повышение содержания марганца в стали при пропитке ими пористых каркасов из карбида ниобия способствует уменьшению размеров межзеренных прослоек стальной связки и формированию непрерывного карбидного каркаса. Для формы карбидных частиц при увеличении содержания марганца в пропитывающих сталях наблюдается тенденция более выраженной округки, что косвенно свидетельствует о том, что марганец играет роль межфазно-активного элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульков С.Н. Карбидостали на основе карбидов титана и вольфрама / Кульков С.Н., Гнусов С.Ф. –Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 240 с.
2. Баглюк Г.А. Структура и свойства спеченных и горячештампованных карбидосталей / [Баглюк Г. А., Павлыго Т.М., Сердюк Г.Г., Свистун Л.И.] //Наукові нотатки. Міжзівський науковий збірник (за напрямом інженерна механіка).– 2009.– Вип.21, Т.2 .– С.16-22.
3. Криль Я.А. Структуроутворення та властивості керметів NbC–сталь Гадфілда / Я.А. Криль, П. М. Присяжнюк // Сверхтвердые материалы.– 2013. – № 5. – С. 49-55.
4. German M.R. Review: liquid phase sintering / R.M. German, P. Suri, S.J. Park // J. Mater. Sci, 2009. – № 44. – P. 1– 39.
5. Лисовский А. Ф. Миграция расплавов металлов в спеченных композиционных телах /А.Ф. Лисовский – К.: Наукова думка, 1984. – 256 с.
6. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов/ [Найдич Ю.В., Колесниченко Г.А., Лавриненко И.А., Моцак Я.Ф.].–К.: Наукова думка, 1977. –186 с.

REFERENCES

1. Kul'kov, C.N. and Gnyusov, S.F., 2006. Karbidostali na osnove karbidov titana i vol'frama [Carbide–Steels Based on Titanium and Tungsten Carbides], Tomsk: NTL, 240 p. (in Russian)
2. Baglyuk, G.A. Pavlyigo, T.M., Serdyuk, G.G. and Svistun, L.I., 2009. Struktura i svoystva spechennyih i goryacheshtampovannyih karbidostaley [Structure and properties of sintered and hot forged carbide steels]. Lutsk, Lutsk National Technical University, 16 p. (in Russian)
3. Ya. A. Kryl' and P. M. Prysyzhnyuk, 2013. Structure formation and properties of NbC-Hadfield steel cermets, J. Superhard Mater., 292 p.
4. German, R.M., Suri, P. and Park, S.J., 2009. Review: liquid phase sintering, J. Mater. Sci., pp. 1-39.

5. Lisovskiy A. F., 1984. Migratsiya rasplavov metallov v spechennyih kompozitsionnyih telah [Migration of metal melts in sintered composite bodies] Kiev: Naukova Dumka, 256 p. (in Russian)
6. Naydich, Yu. V., Kolesnichenko G.A., Lavrinenko I.A., Motsak Ya.F., 1977. Payka i metallizatsiia sverkhtrverdnykh instrumentalnykh materialov [Soldering and plating of superhard instrumental materials]. Kiev: Naukova dumka, 186 p. (in Russian)

Присяжнюк П.М. Вплив кількості марганцю у зв'язці на структуру карбідосталей на основі карбіду ніобію.

Представлені результати експериментальних досліджень по впливу марганцю на структуру карбідосталей отриманих методом просочування пористих карбідних каркасів із карбіду ніобію. Встановлено, що підвищення вмісту марганцю у сталі сприяє зменшенню міжзернових прошарків сталєвої зв'язки та впливає на форму карбідних частинок. Частинки NbC при просочуванні сталлями із ~13 мас. %Mn характеризуються яскраво вираженою огранкою, наявність якої свідчить про те, що марганець проявляє міжфазову активність та, відповідно, сприяє підвищенню сил зчеплення між карбідною та сталєвою фазами.

Ключові слова: карбід ніобію, карбідний каркас, просочування, карбідосталі, марганцева сталь, форма зерен.

Prysyazhnyuk P.N. The influence of manganese content in binder phase on structure of carbide steels based on niobium carbide.

The influence of manganese content on structure of carbide steels during manufacturing by infiltration of porous carbide skeletons has been studied.

The infiltration of presintered niobium carbide skeletons by steels with different contents of manganese was carried out in protective (argon) atmosphere. Distributions of grains and binder layers size were measured by random secants technique. Structures of carbide steels have been investigated by electron microscopy in electron backscatter diffraction mode (EBSD).

It has shown clearly, that increasing of manganese content in carbon steels during infiltration of niobium carbide skeletons promotes decreasing of binder phase binder layers and formation of faceted carbide phase grains.

The production technology for manufacturing of tungsten-free hard alloys based on niobium carbide with manganese steel binder has been developed.

Keywords: niobium carbide, carbide skeleton, infiltration, carbide steels, manganese steel, grain shape.