

2. При соединении плотных графитов с металлами целесообразно использовать методы соединения в твердой фазе, среди которых наиболее широкое применение находит диффузионная сварка в вакууме. Этот метод дает принципиальную возможность для соединения графита различной пористости с металлом, который образует с ним химические соединения (карбиды) или твердые растворы.

1. Аникин Л. Т., Дергунова В. С., Кравецкий Т. А. Пайка и сварка графита. — М.: Металлургия, 1978.—135 с.
2. Аникин Л. Т., Кравецкий Г. Л., Дергунова В. С. О высокотемпературной прочности соединений графитовых деталей // Свар. производство.—1972.—№ 1.—С. 18—19.
3. Елютин В. П., Костиков В. И., Пеньков И. А. и др. // Заводская лаборатория.—1964.—№ 8.—С. 1022—1024.
4. Кокина Т. А., Аникин Л. Т., Кравецкий Т. А. и др. Авт. свид. № 318445 // Открытия, изобретения, промыш. обр., тов. знаки.—1971.—№ 32.—С. 27.
5. Кокина Т. А., Кравецкий Г. А., Леонов Л. В. и др. Конструкционные материалы на основе графита. — М.: Металлургия, 1975.—Сб. № 10.—С. 176—182.
6. Кокина Т. А., Шакова К. И., Кравецкий Т. А. и др. Влияние некоторых технологических параметров на структуру и прочность паяных соединений стали с графитом // Сварочное производство.—1972.—№ 2.—С. 14—17.
7. Костиков В. И., Митин Б. С. // Высокотемпературные материалы // Технология химического машиностроения.—1968.
8. Крапишина А. Б., Поздняков В. В., Семенов А. П. // Физика и химия обработки материалов.—1968.—№ 1.—С. 107—110.
9. Левин А. М. // Тр. Днепропетровского металлургического института.—1952.—Вып. 28.—С. 89—104.
10. Лукина Э. Ю., Кокина Т. А., Кравецкий Т. А. // Свар. производство.—1973.—№ 6.—С. 36—37.
11. Лукина Э. Ю., Кокина Т. А., Кравецкий Т. А. и др. Авт. свид. № 321337 // Открытия, изобретения, промыш. обр.,

тов. знаки.—1977.—№ 35.—С. 47.

12. Маурах М. А., Костиков В. И., Пеньков И. А. // Физическая химия поверхностных явлений в расплавах. — Киев: Наук. думка, 1971.—С. 197—199.
13. Маурах М. А., Костиков В. И., Пеньков И. А. и др. // Взаимодействие материалов высокотемпературного назначения. — Киев: Наук. думка, 1968.—С. 142—149.
14. Найдич Ю. В. Контактные явления в металлических расплавах. — Киев: Наук. думка, 1972.—196 с.
15. Найдич Ю. В., Костюк Б. Д. Исследование условий и разработка метода электронно-лучевой сварки графита с металлами.
16. Найдич Ю. В., Перевертайло В. М., Неводник Г. М. // Порошковая металлургия.—1971.—№ 1.—С. 58—61.
17. Пайка окиси бериллия с пирографитом: Пер. с англ. — М.: ВЦП, 1974.
18. Прямая пайка керамики, графита и жаропрочных металлов: Пер. с англ. — М.: ВЦП, 1978.
19. Савицкая Л. К. // Изв. вуз. Физика.—1961.—№ 6.—С. 129—131.
20. Савицкая Л. К. // Изв. вуз. Физика.—1962.—№ 6.—С. 30—34.
21. Шибалов М. В., Парамонов А. К. Формирование околшов-ной зоны при пайке графита // Сварочное производство.—1982.—№ 5.—С. 18—19.

ANALYSIS OF PHYSICOCHEMICAL PROCESSES OF GRAPHITE WITH METALS JUNCTURE IN A FLUID PHASE

V. E. Prykhod'ko, A. V. Kulyk

The graphitic stuffs, as constructional, find the increasing application in modern engineering. The existing ways of connection of graphites with metals are sub divided into three basic classes describing in what conditions passes formation of a copulative (connecting) juncture — in a firm, fluid or steam-gaseous phase. The most of ways for welding and soldering of graphites with metals is based on formation of a juncture in firm or fluid phases.

УДК 621.762

ПОРОШКОВАЯ БЫСТРОРЕЖУЩАЯ СТАЛЬ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

© А. Ф. Санін

Дніпропетровський державний університет

Представлено результати дослідження технології отримання швидкокоріжучих сталей з підвищеним вмістом азоту методами порошкової металургії. Вивчено вплив основних технологічних параметрів і способів виготовлення на вміст та розподіл азоту, залишкову пористість, експлуатаційні властивості сталі.

Использование быстрорежущих сталей с увеличенным содержанием азота способствует повышению теплостойкости, износостойкости и производительности режущего инструмента. В некоторых случаях отмечено возрастание стойкости в два-три раза по сравнению с инструментом из стали с нормальным

содержанием азота [1]. Поэтому важной задачей является разработка составов азотсодержащих инструментальных сталей и технологических процессов их получения.

Применение методов порошковой металлургии позволяет расширить возможности легирования, а

также совместить процессы легирования и производства режущего инструмента.

С целью разработки технологии получения высокопроизводительного режущего инструмента исследованы структура и свойства сталей Р6М5К5-МП и Р6М5Ф3-МП с повышенным содержанием азота, изготовленных из порошков по различным вариантам технологии.

Порошки сталей получены распылением расплава водой давлением 12.0...16.0 МПа при температуре 1530...1600 °С [3]. После распыления порошок обезвоживался, подвергался сушке и смягчающе-восстановительному отжигу в вакууме. Средний размер частиц порошка составлял 30...90 мкм при нормальном распределении частиц по размерам.

При среднем размере частиц до 65...66 мкм дисперсия их размеров уменьшается с повышением давления распыления и снижением перегрева расплава перед распылением. Уменьшение стандартного отклонения, характеризующего степень полидисперсности порошка, согласно [2] должно способствовать более плотной укладке частиц при прессовании и равномерному распределению пористости в спеченном материале. Прессование порошка проведено в установке холодного гидростатического прессования при давлении 200... 500 МПа.

Спекание заготовок проведено по различным вариантам. В первом случае порошок подвергали дополнительному отжигу в среде азота при температуре 850 °С и 950 °С в течение 2 ч, прессовали и спекали в вакууме при 1240 °С в течение 1 ч. Во втором порошок прессовали, спекали в атмосфере азота при 1240 °С в течение 1 ч. В третьем случае прессовки спекали по многостадийному режиму: нагрев в вакууме до 1150 °С, выдержка в течение 1 ч, заполнение камеры печи азотом, выдержка в атмосфере азота 0.5, 1 и 2 ч, последующий нагрев и спекание при 1240 °С в течение 1 ч в вакууме. Спеченные заготовки экструдировались при температурах 980...1030 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После распыления и смягчающего отжига массовое содержание кислорода в порошке составляет 0.095—0.10 %, азота — 0.017 %. В компактных заготовках, полученных по первому варианту, содержание кислорода 0.05 %, азота — 0.11 %, по второму — 0.032 и 0.19 %, по третьему — 0.017 и 0.16 %.

Наблюдаемые различия объясняются следующими обстоятельствами. Термическая обработка порошка в атмосфере азота приводит к образованию

нитридов на поверхности частиц и незначительному растворению азота в матрице. Однако наличие невосстановленных пленок оксидов хрома на поверхности частиц ограничивает диффузионное насыщение матрицы азотом. Образование устойчивых нитридов ванадия лимитируется наличием нерастворенных карбидов ванадия, поэтому азот в основном входит в состав сложных карбонитридов ванадия и частично растворимой фазы M_6C . Общее содержание азота в материале в этом случае невелико. Пленки нитридов и карбонитридов на поверхности частиц, в свою очередь, замедляют процесс восстановления оксидов хрома.

Содержание кислорода в стали, спеченной в азоте, относительно невелико, хотя и выше, чем в заготовках, изготовленных по третьему варианту. Вероятно, это обусловлено диссоциацией оксидов в вакууме при высоких температурах. Повышение остаточного давления в камере печи (имеющее место при спекании в азоте) обуславливает увеличение значений температуры начала диссоциации.

В заготовках, полученных спеканием предварительно азотированного порошка, установлено наличие оксидов на границах первичных частиц, что подтверждает сделанный выше вывод. Отмечено также увеличение размеров аустенитного зерна по сравнению с материалом, полученным по второму и третьему варианту. Данное явление можно объяснить слабым влиянием азотсодержащих фаз при малом содержании азота.

Исследования изменения микроструктуры стали в процессе комбинированного спекания показывают, что образующиеся дисперсные азотсодержащие фазы оказывают значительное модифицирующее воздействие на протекающие процессы, что проявляется в задержке роста зерна при температуре спекания, уменьшении разноструктурности, повышении температуры появления прослоек жидкой фазы по границам зерен внутри частиц. Последние позволяют увеличить ширину оптимального температурного интервала спекания и повысить стабильность технологии и свойств конечного продукта.

Образование замкнутых газонаполненных пор обуславливает сохранение остаточной пористости в заготовках, спеченных в среде азота, вследствие снижения скорости усадки на стадии растворения-осаждения. Возможно также уменьшение скорости усадки, вызванное снижением величины поверхностного натяжения жидких прослоек при наличии карбонитридов и ограничением диффузионного переноса атомов твердой фазы через жидкую. Наличие пористости в структуре стали, спеченной из азотированных порошков, обусловлено недостаточным для полного уплотнения количеством жидкой

фазы. Последнее связано с повышением температуры образования жидкости в этом случае, так как явление контактного плавления практически не реализуется из-за малого числа металлических контактов между частицами.

Увеличение плотности холоднопрессованной заготовки приводит к возникновению градиента концентрации азота, направленного от поверхности заготовок, спеченных в азоте и изготовленных по третьему варианту, к их центру. Это вызвано уменьшением начального диаметра капиллярных каналов в прессовке, их захлопыванием в процессе образования нитридов и карбонитридов на поверхности частиц и ослаблением переноса молекул азота во внутренние области заготовки. Данного явления нет в стали, спеченной из порошка, предварительно обработанного в атмосфере азота.

При спекании азотированного порошка неомогенность распределения азота носит случайный характер. Изменение концентрации в объеме заготовок, спеченных в азоте или вакууме с предварительной выдержкой в азоте, обнаружено вблизи областей неравномерной усадки, что обусловлено затруднением массопереноса через капиллярные каналы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определена схема получения спеченной быстрорежущей стали с повышенным содержанием азота и параметры процесса. После упрочняющей термиче-

ской обработки предел прочности на изгиб и ударная вязкость стали, изготовленной с использованием комбинированного спекания, составляют, например для Р6М5Ф3-МП, 3200...3300 МПа и 210...240 кДж/м². Вторичная твердость азотсодержащей стали на основе Р6М5Ф3-МП составляет 67...67.5 НРс. Эксплуатационные испытания показали, что стойкость фрез из сталей типа Р6М5К5-МП и Р6М5Ф3-МП с содержанием азота, превышающим равновесное, при обработке деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей увеличилась в 1.3...1.6 раз по сравнению с фрезами из быстрорежущих сталей с нормальным содержанием азота.

1. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. — М: Металлургия, 1983.—527 с.
2. Натт Р. Е., Варга Дж. Дж. Использование пропитанного серебром вольфрама для сопел неохлаждаемых ракетных двигателей // Тугоплавкие металлические материалы для космической техники. — М.: Мир, 1966.—С. 165—192.
3. Санин А. Ф., Карпинос Д. М., Калиниченко В. И., Доморацкий В. А. Распыление быстрорежущих сталей водой // Порошковая металлургия.—1983.—№ 12.—С. 1—3.

POWDER METALLURGY HIGH-SPEED STEEL FOR HIGH EFFICIENT CUTTING TOOL

A. F. Sanin

The technology of the nitrogen contained powder metallurgy high-speed steels manufacturing has been researched. The influence of the main technological parameters and production methods on the volume and distribution of nitrogen, sintering porosity, steels operation properties is discussed.

УДК 620.179.1:62:45.454

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИДКОСТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

© И. В. Федчишина, Б. П. Ефимчук, З. Д. Черный

Відкрите акціонерне товариство «Український науково-дослідний інститут технології машинобудування»

Розглядається стан та можливості здійснення різноманітних методів неруйнівного контролю найбільш напружених конструкцій рідинних виробів ракетно-космічної техніки — паливних баків, включаючи ультразвукові рентгенівські, капілярні методи контролю та випробування на герметичність, як в процесі виготовлення вузлів чи їх виборки, так і в процесі зберігання або експлуатації.

Уровень неразрушающего контроля (НК) изделий ракетно-космической техники, особенно жидкостных ракет-носителей космических аппаратов, явля-

ется одним из базовых показателей их качества, а поэтому во многом определяет ресурс надежности при проведении ЛКИ, в процессе хранения и экс-