

## ТЭХНІКА

УДК 669.018: 539.213

В.М. Лупарева

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА  
ТВЁРДОСПЛАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Физико-механические свойства твёрдых сплавов определяются количественным соотношением составляющих фаз карбида вольфрама (WC) и кобальта (Co), размером зерна WC и, следовательно, толщиной прослойки связующей фазы, степенью связанности смежности зёрен WC, содержанием углерода в сплаве и степенью растворимости вольфрама в кобальте [1]. Максимальной прочностью при сжатии обладает сплав с объёмным содержанием кобальта 6-10%. Для него характерны высокие значения твёрдости и теплопроводности. Поэтому такой твёрдый сплав используется, как правило, для изготовления вставок блок-матриц в аппаратах высокого давления (АВД) типа наковален с углублениями или пуансонов в АВД цилиндрического типа [2].

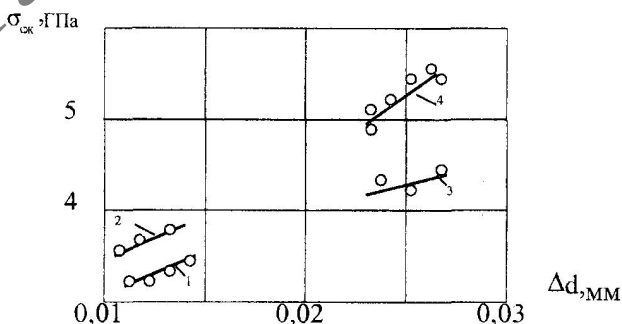
Основным видом разрушения твёрдосплавных элементов АВД при синтезе сверхтвёрдых материалов является эрозия лунки, объёмное хрупкое разрушение, хрупкое разрушение по плоскостям, перпендикулярным к оси нагружения, радиальные трещины-канавки. Чтобы снизить долю хрупкого разрушения твёрдосплавной матрицы, в промышленности применяют такой технологический приём, как термическая обработка [3,4]. Доказано, что повышение вязкости твёрдого сплава за счёт такого вида упрочнения приводит к росту энергии деформации при нагружении и, следовательно, к большей долговечности АВД. Вместе с тем о механизме и видах упрочняющей термообработки в печати продолжается дискуссия.

В настоящей работе с целью определения направления дальнейшего исследования был проведён анализ влияния различных методов термообработки на свойства твёрдого сплава.

Исследование проводили на специальных образцах, заготовки которых вытачивали из пластифицированного твёрдого сплава, а затем спекали в среде водорода при температуре 1480°C. Полученные заготовки шлифовали по боковой поверхности и торцам до размеров:  $d - 12,48\text{ мм}$ ,  $h - 30\text{ мм}$ . Предел прочности на сжатие определяли с помощью испытаний образцов на 125-тонном прессе ПСУ-125, обеспечивающем нагружения при скорости испытания 0,5 мм/мин. При этом использовали нажимные подкладки из твёрдого сплава ВК8 высотой 10 мм, диаметром 20 мм. Между образцом и подкладками ставили прокладки из алюминиевой фольги.

Фиксировали относительную деформацию образцов в осевом и радиальном направлениях с помощью тензодатчиков, которые пересчитывались в абсолютную осевую и радиальную деформации. Все испытания были проведены на образцах из одной партии сплавов.

На начальном этапе работы испытывали образцы на сжатие без применения к ним упрочняющих методов. Полученные результаты показывают (см. рис.), что среднее разрушающее напряжение составило 3,2 ГПа, а увеличение диаметра образцов изменялось от 0,011 до 0,013 мм.



Приращение диаметра, мм

Рис. Влияние режимов термообработки на прочность образцов твёрдого сплава ВК6 при сжатии:

- 1 - без термообработки; 2 - закалка при 1300°C; 3 - отжиг в графите при 700 - 720°C в течение 100 часов; 4 - отжиг в графите при 700 - 720°C и лазерной обработкой торцов



С целью увеличения несущей способности образцов произвели их термообработку по следующей технологии: нагрев в соляной ванне на основе  $\text{BaCl}_2$  до  $1300^\circ\text{C}$  в течение 5 минут с последующим охлаждением в масле. В результате проведённой закалки предел прочности твёрдого сплава на сжатие увеличился на 12,5% (среднее разрушающее напряжение составило 3,6ГПа) по сравнению с образцами без термообработки. Осевая и радиальная деформации остались без изменения (см. рис.).

Как известно, механические свойства твёрдых сплавов являются весьма структурно-чувствительными, обнаруживая отрицательную зависимость от дефектов в структуре кобальтовой связи и в частицах карбида вольфрама, остаточных напряжений, а также наличие  $\eta_1$ -фазы. Фаза  $\eta_1$  возникает при недостатке углерода и существенно снижает пластические свойства твёрдых сплавов, поэтому её присутствие в промышленных изделиях не допускается.

С целью снижения вредного влияния перечисленных дефектов произвели отжиг по следующей технологии: в контейнер из нержавеющей стали помещали образцы и засыпали их графитом марки ГМ3004, с тем условием, чтобы образцы не контактировали между собой и стенками контейнера. Затем контейнер заваривали крышкой с целью его герметизации и помещали в печь с температурой  $700^\circ\text{C}$ . После 100 ч выдержки при заданной температуре контейнер с образцами охлаждали в масле. Результаты испытаний отожженных образцов показали, что происходит увеличение прочности образцов на 35,2% по сравнению с исходным состоянием (см. рис.). Среднее значение предела прочности на сжатие составило 4,4ГПа.

Как известно, при шлифовании образцов твёрдого сплава алмазным инструментом на их поверхности возникают царапины с острыми краями и микротрещины глубиной до 150мкм, что отрицательно влияет на свойства твёрдосплавных изделий. Для их устранения было предложено обработать лазером торцы образцов, подверженных 100-часовому науглероживающему отжигу. Торцевую обработку образцов производили на установке ЛГН-702 при скорости перемещения 400мм/мин. Данный технологический прием дал увеличение прочности на сжатие в среднем на 65,6% по сравнению с прочностью исходных образцов. Среднее разрушающее напряжение составило 5,3ГПа. Увеличение диаметра образцов наблюдалось в пределах 0,023-0,026мм, т.е. упругая деформация возросла в два раза по сравнению с исходным состоянием. Это свойство следует считать положительным, так как даёт увеличение долговечности инструмента.

Рентгенографические исследования образцов после отжига показали резкое сужение линии кобальта и карбида вольфрама и увеличение их интенсивности, что характеризует резкое уменьшение количества и размеров дефектов в этих материалах.

Повышение прочности образцов на сжатие объясняется и дополнительным растворением в кобальте вольфрама и углерода, о чём свидетельствует увеличение периода кристаллической решетки. Это приводит к возникновению напряжений сжатия в частицах карбида вольфрама; т.е. в объёме образца создается предварительное напряжение сжатия, что положительно отражается на свойствах готовых твёрдосплавных изделиях.

Установлено, что отжиг в среде углерода даёт более высокий комплекс механических свойств твёрдых сплавов, чем закалка. Дальнейшую оптимизацию упрочняющего отжига твёрдосплавных изделий целесообразно направить на получение как максимальной упругой деформации, так и наибольшей прочности сплавов при изгибе.

### Литература

1. Чапарова И.Н. Физико-химические основы технологии спекания и особенности структуры твёрдых сплавов: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук. – М.; 1976. – 24 с.
2. Поляков В.П., Ножкина А.В., Чириков Н.В. Алмазы и сверхтвёрдые материалы. – М.: Металлургия, 1990. – 326с.
3. Повышение стойкости камер высокого давления для синтеза алмаза /М.С. Пивоваров, В.П. Барабан, Ю.В. Жеребцов и др. // Синтет. алмазы. – 1978. – Вып. 5. – С.16-18.
4. Самойлов В.С., Кулешевская З.М. Эффективность термической обработки твердых сплавов, используемых для изготовления штамповых инструментов // Порошковая металлургия. – 1985. - №5. – С. 100 – 103.

### Summary

*The analysis of different kinds of heat treatment of hard alloys was carried out to define an optimum technological mode of strengthening of parts of high pressure devices.*