

Дальнейший поиск путей снижения температуры привел к результату: уменьшение калибрующей зоны волокна до 0,3 диаметра волокна уменьшает температуру на 25 % в первой волоке сдвоенной волокна и на 25 % во второй волоке сдвоенной волокна по сравнению с волокой, имеющей длину калибрующей зоны 0,5 диаметра волокна. Нагрев происходит вне калибрующей зоны и далее проволока сразу начинает остывать. Между сдвоенными волокнами с укороченной калибрующей зоной проволока на 18 % холоднее по сравнению с действующим вариантом, имеющим калибрующую зону 0,5 диаметра волокна.

Аналитический и численный расчет значений температур подтвержден замером температуры поверхности проволоки на выходе из волочильного стана.

Выполнен анализ причин повышенной обрывности мегапрочного металлокорда при свивке. Принята версия причины обрывности, заключающейся в деформационном старении поверхности проволоки и ее переупрочнению. Выполнена оптимизация маршрута волочения проволоки с уменьшенной интенсивностью изменения температуры поверхности проволоки при волочении, что приведет к снижению деформационного старения проволоки.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РОСТА АНОМАЛЬНО КРУПНЫХ ЗЕРЕН КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Ю. Д. Черняков, А. Н. Жариков

Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов
НАН Беларуси», г. Могилев

Научный руководитель А. Н. Жигалов

Аномально крупные зерна могут быть причиной быстрого выхода из строя твердосплавного инструмента. Предотвращение роста таких зерен является многофакторной задачей, которую можно решить на этапе спекания.

Ключевые слова: ингибиторы роста зерна, твердый сплав.

Известно, что размер карбидного зерна (WC) существенно влияет на физико-механические характеристики твердосплавных металлорежущих инструментов [1]. С уменьшением размера зерна увеличивается твердость (рис. 1).

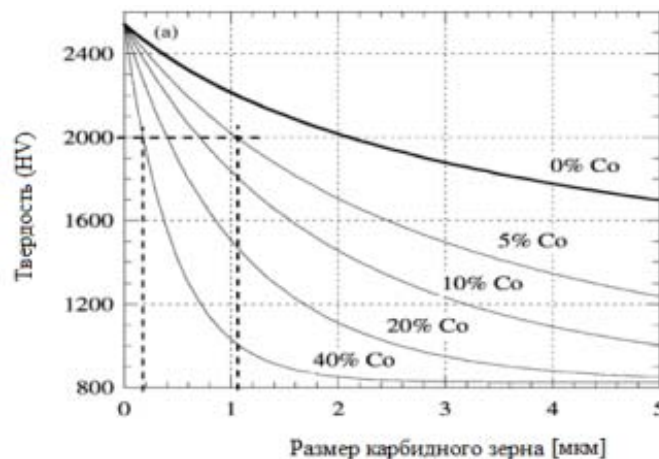


Рис. 1. Зависимость твердости от размера карбидного зерна

Аномально крупные зерна WC (рис. 2) могут быть причиной возникновения и распространения трещин, а также неравномерному износу режущей кромки инструмента за счет выкрашивания крупных частиц карбидов.

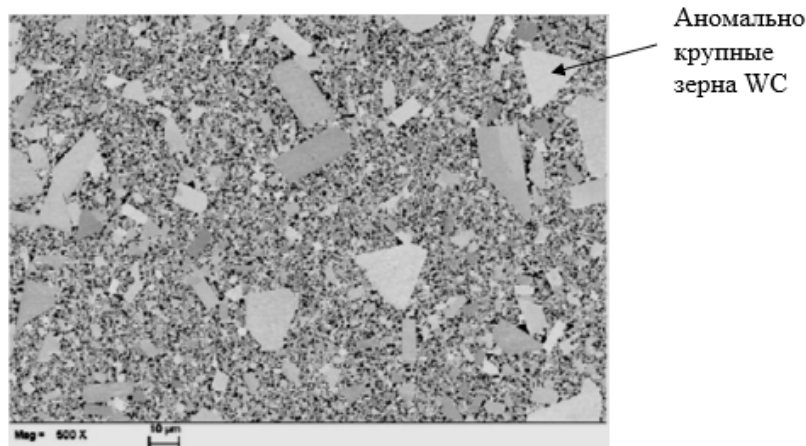


Рис. 2. Аномально крупные зерна WC в микроструктуре твердого сплава

В процессе жидкофазного спекания происходит интенсивный рост зерна WC, например, после вакуумного спекания спрессованных заготовок наблюдается частичный рост зерна WC от 0,5 до 30 мкм. Стоит отметить, что спеканием в жидкой фазе изготавливается около 90 % по объему спеченных твердых сплавов [2].

В работе [3] механизм роста аномально крупного зерна WC разделяют на две стадии. Первая – процесс роста зерна обусловлен диффузией карбидных зерен и зависит от скорости диффузии. Вторая – процесс роста зерна зависит от перекристаллизации через жидкую фазу (растворение мелких частиц WC в жидкой фазе и осаждение на более крупных частицах).

В работе [4] рост аномально крупных зерен WC связывают с наличием некоторого количества крупных зерен в исходном порошке.

Таким образом, одной из важнейших задач при производстве твердосплавных металлорежущих инструментов, является контроль размера роста зерна WC. Особое внимание следует уделить предотвращению образования аномально крупных зерен WC, размер которых в три и более раз выше среднего.

Существуют различные пути решения данной проблемы, непосредственно связанные с контролем роста карбидного зерна. Так, в процессе жидкофазного спекания используют ингибиторы роста зерна, среди которых наиболее распространенными являются карбиды переходных металлов: карбид ванадия (VC), карбид хрома (Cr_3C_2), карбид тантала (TaC), и др. [5]. Стоит также учитывать, что суммарное содержание ингибиторов роста зерна обычно меньше их предела растворимости в связующей фазе, что позволяет избежать выделения избыточных карбидных фаз, негативно влияющих на механические свойства твердых сплавов.

В работе [5] рассмотрен механизм воздействия VC на предотвращение роста аномально крупного зерна WC. Авторами отмечалось, что VC осаждается на границе раздела WC/Co (рис. 3), что препятствует перекристаллизации WC через жидкую фазу.

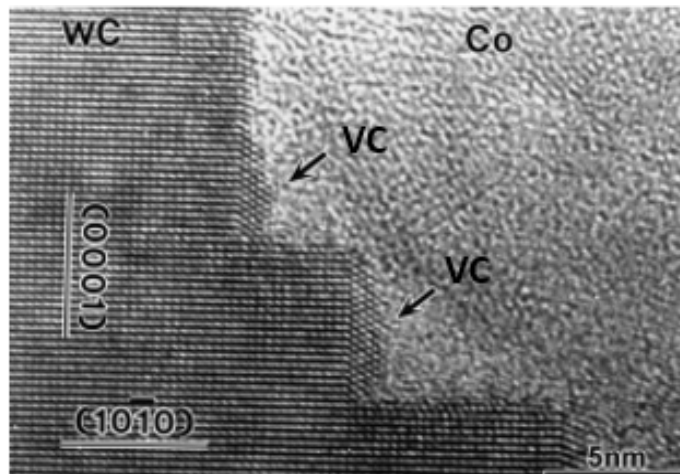


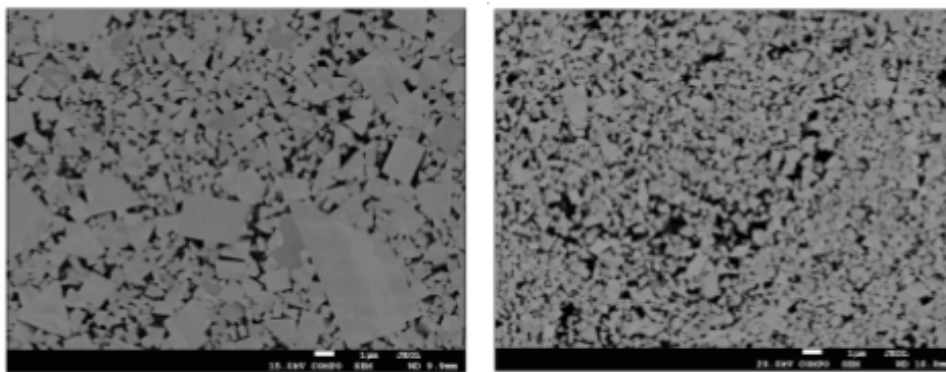
Рис. 3. Микроструктура твердого сплава легированного VC

В работе [6] показано, что добавление 1 % VC в сплаве ВК6 уменьшает и стабилизирует рост зерна, что, в свою очередь, повышает износостойкость (на 33–50 %) и твердость изделий (не более чем на 3 %).

Зарубежный опыт показывает, что карбид тантала (TaC) является практически единственным ингибитором роста карбидного зерна, вводимым в состав твердых сплавов, работающих в условиях высоких ударных нагрузок, поскольку его добавки практически не влияют на прочностные характеристики твердых сплавов [7].

Однако вопрос о механизме воздействия TaC на рост зерна до конца не изучен и до настоящего времени остается дискуссионным.

В работе [8] использовались нанопорошки WC. Идея заключалась в том, что наноразмерные частицы WC в исходном порошке полностью растворяются и тем самым препятствуют растворению основных зерен WC. Соответственно, увеличивается количество зародышей кристаллизации и уменьшается их средний размер (рис. 4).



а)

б)

Рис. 4. Структура твердого сплава с применением наноразмерных порошков WC в сплаве ВК10ХОМ:
а – без использования наноразмерных порошков WC;
б – с использованием наноразмерных порошков WC

Исходя из этого можно сделать вывод, что достигнуть повышенного уровня механических и эксплуатационных свойств твердых сплавов возможно посредством оптимизации структуры, за счет вариации таких параметров, как размер исходного порошка, размер карбидных зерен, а также применение ингибиторов роста зерна, чем в настоящее время и занимается лаборатория металлургии твердых сплавов ИТМ НАН Беларуси.

Литература

1. Жигалов, А.Н. Теоретические и технологические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания / А. Н. Жигалов. – Минск, 2021.
2. PenriceTW. Alternative binders for hard metals. Carbide Tool J 1988; 20(4):12–5.
3. Sona Kim, Jong-Ku Park иDokyol Lee. Effect of grain motion on the coarsening of WC grains in the carbon-saturated liquid matrix during liquid phase sintering of WC-Co alloys // Scripta Materialia. – 1998. – Vol. 38, N 10. – P. 1563–1569.
4. Определение причины возникновения дефектов микроструктуры твердосплавных изделий / А. А. Жадяев [и др.] // Современ. материалы, техника и технология. – 2020. – № 6 (33). – С. 21–28.
5. Yamamotoa, T. High resolution transmission electron microscopy study in VC-doped WC-Co compound / T. Yamamotoa, Y. Ikuharaa, T. Sakumab // Science and Technology of Advanced Materials. – 2000. – Vol. 1. – P. 97–104.
6. Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них : учеб. пособие для вузов / В. С. Панов, А. М. Чувилин. – М. : МИССИС, 2001. – 428 с.
7. Solubilities of grain-growth inhibitors in WC-Co-based cemented carbides: Thermodynamic calculations compared to experimental data / Y. Peng [et al.] // Int. JournalofRefractoryMetalsandHardMaterials. – 2016. – Vol. 61. – P. 121–127.
8. Влияние добавки наноразмерного карбида вольфрама на структуру и свойства спеченного твердого сплава вк10хом / Е. М. Федоров [и др.] // Науч.-техн. ведомости Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-та. – 2013. – № 3 (178). – С. 156–162.

МЕТОДЫ ФОРМОВАНИЯ СМЕСЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. Н. Жариков, Ю. Д. Черняков

Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов НАН Беларуси», г. Могилев

Научный руководитель А. Н. Жигалов

Приведены основные методы формования твердосплавных смесей, отражены их особенности и описана применимость данных методов. Также предложена концепция нового метода.

Ключевые слова: твердый сплав, твердосплавная смесь, металлокерамика, формование, прессование.

Твердый сплав – это материал, обладающий такими свойствами, как высокая твердость, износостойкость, коррозионная и теплостойкость, а также высокий предел прочности при сжатии. Твердый сплав относится к композиционным материалам, в связи с чем его можно описать как матрицу с тугоплавкими ячейками в виде зерен карбида (чаще карбида вольфрама или титана), которые соединены легкоплавким связующим металлом (чаще кобальтом или никелем) [1].

Целью данной работы является представление обзора как по существующим методам формования смесей в процессе изготовления твердосплавных изделий, так