

УДК 669.018.25

**В. П. Бондаренко**, чл.-кор. НАН Украины,

*Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина*

### **СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ КОНЦЕРНА «АЛКОН» НАН УКРАИНЫ**

*The development process of the ALCON Hard Alloy Science and Technology Center of NAS of Ukraine is described. It was shown that during 1952 – 2007 years from the very small productive area a well equipped and with highly skilled personnel the science and technology center was grown. It solves complicated scientific problems and productive tasks in the range of the powders producing to bulky hard metal products (the diameter and the length is up to 500 mm) with the potential productive possibility up to 80 tons of hard alloys a year.*

Зародышем научно-технического центра твердых сплавов концерна «Алкон» НАН Украины явился созданный в 1952 г. В. Н. Бакулем на Опытном заводе твердосплавного инструмента небольшой участок твердых сплавов, состоящий из печи Таммана с трубой диаметром 70 мм, ручным прессом усилием 37 т и лабораторных сушильных шкафов «Электродело».

На этом участке производили до 1,5 кг твердосплавных изделий в смену, которые использовались здесь же для оснащения разнообразных видов камнеобрабатывающего и бурового инструмента (скарпели, закольники, бучарды, коронки, резцы для угольных комбайнов и т.п.). Для обеспечения научного руководства этим заводом было создано ЦКТБ твердосплавного инструмента.

В январе 1960 г. в ЦКТБ твердосплавного инструмента был приглашен известный специалист в области твердых сплавов М. М. Бабич. Он возглавил в ЦКТБ лабораторию твердых сплавов, которая вела научно-технологические исследования, внедряла новые разработки на участке твердых сплавов и осуществляла научно-организационное руководство работой этого участка. Таким образом, можно сказать, что уже в 1960 г. был создан научно-технический центр твердых сплавов ЦКТБ твердосплавного инструмента. В то же время сформировалось научно-производственное ядро нынешнего научно-технического центра концерна «Алкон». В лабораторию и на участок пришли молодые специалисты Э. Г. Павлоцкая, М. А. Каляя, В. П. Бондаренко, А. Ф. Лисовский и др.

Под руководством М. М. Бабича было выполнено ряд научных исследований, направленных на повышение качества твердых сплавов. Его как разработчика тройных диаграмм W–C–Co и W–C–Ni, знающего, что ширина двухфазной области WC–Co очень узкая, всю жизнь волновала проблема неоднородности твердых сплавов по содержанию углерода, т.к. при том состоянии оборудования и технологии в изделиях очень часто присутствовали третьи фазы: углерод или  $\eta_1$ -фаза. Этому вопросу была посвящена его кандидатская диссертация, разработки новых конструкций печей, смесителей, реактора для приготовления раствора каучука в бензине, изучение содержания углерода в смесях различных поставщиков, влияние содержания углерода на усадку спекаемых изделий и т.п. Вершиной его деятельности в этом направлении явилось создание двухстадийного способа, в котором первой стадией являлось нормализующее по углероду твердофазное спекание в графитовой крупке, при котором в соответствии с диаграммой равновесия можно было стабильно доводить содержание углерода до верхней границы двухфазной области WC–Co и термодинамически принципиально не получать в составе изделия свободный углерод. Все эти его исследования были обобщены в монографии «Неоднородность твердых сплавов по содержанию углерода и ее устранение», вышедшей уже после его преждевременной смерти.

После смерти М. М. Бабича это направление исследований продолжили В. П. Бондаренко, Э. Г. Павлоцкая, В. Ф. Мошкун, Е. А. Барановская, но уже на новом уровне. Вместо твердофазного карбюризатора (графитовой крупки) в 1971 г. было начато использование газового карбюризатора – метановодородной среды. По этому вопросу было опубликовано много статей, а обобщение исследований осуществлено в монографии В. П. Бондаренко и Э. Г. Павлоцкой «Спекание вольфрамовых твердых сплавов в прецизионно контролируемой газовой среде», вышедшей в 1995 г.

Переход от твердофазного карбюризатора к газофазному позволил совместить нормализующее и окончательное спекание в одной печи с переменным по ее длине составом газовой среды и снова вернуться к одностадийному спеканию, но уже на совершенно другом научно-техническом уровне. Сейчас на твердосплавном производстве не выходит из печей ни одного изделия с  $\eta_1$ -фазой. К сожалению, из-за отсутствия средств нам не удалось создать печь, в которой после газофазного науглероживания осуществлялось бы окончательное жидкофазное спекание в нейтральной среде или вакууме. Поэтому на имеющемся оборудовании в концерне «Алкон» производятся твердые сплавы, содержащие свободный углерод от 0 до 0,2 %, что разрешено ГОСТ 3882–74.

Кроме этого направления, М. М. Бабичем было заложено еще несколько направлений: изготовление матриц АД, стыковая сварка твердосплавных пластин длиной до 1,5 м, пресование пластин для штампов, высадочных матриц, мундштучное пресование стержней большой длины, гидростатическое пресование крупногабаритных изделий в гидростате с рабочим объемом  $\varnothing 400$  и  $h=600$  мм, вибропресование крупногабаритных изделий, спекание таких изделий в вертикальных и колпаковой печах диаметром до 500 мм. Все они, кроме вибропресования, были реализованы на Опытном заводе ИСМ и действуют до сих пор на выделенном в 1997 г. из Опытного завода ИСМ Государственном научно-производственном предприятии концерна «Алкон».

После смерти М. М. Бабича в научно-техническом центре твердых сплавов ИСМ были разработаны и реализованы принципиально новые направления: упрочнение спеченных твердосплавных изделий обработкой расплавами металлов (А. Ф. Лисовский), закалкой твердосплавных изделий (М. Г. Лошак, Л. И. Александрова), вибро-, термообработками, шлифованием, дробеструйной обработкой (М. Г. Лошак), изготовление крупногабаритных изделий методом капиллярной сварки (А. Ф. Лисовский, В. П. Бондаренко, А. М. Барановский), пресования в крупногабаритных круглых и плоских пресс-формах (В. П. Бондаренко, И. Я. Аронин, Л. Е. Василенко), получение изделий с градиентной структурой и др.

Все эти работы опубликованы в сотнях статей, трудов отечественных и международных научных конференций, авторских свидетельств и патентов, а также обобщены в монографиях «Пресование заготовок из твердосплавных смесей» (В. П. Бондаренко, Г. Ю. Фредин и В. С. Мендельсон 1974 г.), «Проектирование пресс-форм для изделий из твердых сплавов» (В. П. Бондаренко, И. Я. Аронин, В. С. Менельсон, 1983 г.), «Триботехнические композиты с высококомодульными наполнителями» (В. П. Бондаренко, 1987 г.), «Прочность твердых сплавов» (М. Г. Лошак, 1984 г.), «Миграция расплавов металлов в спеченных композиционных телах» (А. Ф. Лисовский 1984 г.).

С приходом в 1980 г. в ИСМ Н. В. Новикова по твердосплавному направлению активно начали развиваться расчетные методы оценки физико-механических свойств твердых сплавов с позиций физики твердого тела и механики разрушения. Под его руководством созданы новые методы испытаний, опубликовано много статей, получено значительное количество авторских свидетельств. Он подготовил целую когорту видных ученых (А. Л. Майстренко, М. Г. Лошак, Л. Н. Девин, А. А. Лещук, С. Б. Полотняк и др.). В области теории прочности твердых сплавов работают проф. В. Т. Головчан, к.т.н. Н. В. Литошенко.

Все эти теоретические работы открывают новые перспективы для научных исследований в области технологии производства твердых сплавов.

Большие успехи сулят научно-техническому центру концерна «Алкон» исследования, проводимые В. П. Бондаренко, Н. М. Прокопиевым, Н. А. Юрчуком, по силовому воздействию на твердосплавные заготовки при их спекании. Применение компрессионного спекания и термокомпрессионной обработки заготовок при давлении нейтральной газовой среды  $>1,2$  МПа позволяет исключить из структуры твердых сплавов как мелкие ( $< 50$  мкм), так и крупные ( $>50$  мкм) поры и увеличить стойкость режущих пластин до 8 раз в условиях ударных нагрузок.

Применение спекания под осевой нагрузкой при давлении выше 0,2 МПа за счет появления в объеме заготовки касательных напряжений позволяет ликвидировать и мелкую, и крупную пористость. Это давление в 5,0 раз меньше, чем в печи компрессионного спекания.

Разработка коллективом авторов (В. П. Бондаренко, Э. Г. Павлоцкая, Л. М. Мартынова, В. Ф. Мошкун, В. П. Ботвинко, Л. Л. Сотникова) способов очистки скрапа от примесей и загрязнений и регенерации твердых сплавов из скрапа, содержащего и не содержащего припой, позволило решить проблему сырья для научно-технического центра и обеспечить объем годового производства твердосплавных изделий на уровне ГОСТ 3882–74 до 15 т. Дальнейшее увеличение объемов производства регенерированных твердых сплавов лимитируется только отсутствием в Украине системы сбора отходов твердых сплавов.

Дальнейшим значительным шагом в становлении научно-технического центра твердых сплавов в концерне «Алкон» явилось создание отделения получения порошков вольфрама, карбида WC и твердого раствора TiC–WC из вольфрамсодержащих соединений и отечественного TiO<sub>2</sub>, используемого для приготовления красок. Эти задачи удалось успешно решить только благодаря глубокому изучению газофазных процессов, осуществляющихся при получении вышеуказанных порошков.

Так, за последние годы в научно-техническом центре концерна «Алкон» были изучены термодинамика и кинетика процессов восстановления вольфрама из его соединений с кислородом (WO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, паравольфрамат аммония) и смесей этих соединений друг с другом и с оксидами Cu, Co, Ni, карбидизации в метановодородной среде особокрупнозернистых ( $d_w=50-700$  мкм) порошков вольфрама и твердого раствора (Ti, W)C с использованием разрыхлителей и разбавителей шихты, а также совмещенного процесса восстановления–карбидизации в метановодородной среде оксида вольфрама и его смесей со шпинелями CoWO<sub>4</sub>; NiWO<sub>4</sub>, (Co, Ni)WO<sub>4</sub> с использованием графитовых подкладок и без них в открытых и закрытых реакторах.

В результате установлены механизмы новых процессов, оптимизированы условия применения открытых и закрытых реакторов, разрыхлителей и разбавителей шихты, графитовых подкладок – твердотельных источников углерода, температурно-временные параметры процессов.

Установлено, что с увеличением содержания кислорода в восстанавливаемом вольфрамсодержащем соединении в закрытом реакторе и соотношения масс WO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>, находящихся в реакторе, скорость восстановления проходит через максимум, возрастает скорость роста быстрорастущих граней кристаллов вольфрама, уменьшаются энергия, активации и предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса, форма частиц W переходит от полиэдрической с высокими ступеньками роста до кубической с гладкими гранями {110}, гетерогенный механизм восстановления сменяется на гомогенный. Это позволило значительно расширить возможности регулирования размеров и формы частиц порошков вольфрама.

Показано, что карбидизацию особокрупнозернистого порошка вольфрама целесообразно осуществлять в проточном реакторе в метановодородной среде с концентрацией метана в 1,5 раза выше равновесной при температурах 2200–2300 °С и выдержках до 3-х ч. Разработаны техпроцессы получения порошков карбида WC с размером частиц до 300 мкм, а слоистых частиц W<sub>2</sub>C–WC с размером до 700 мкм.

Установлено, что при использовании в качестве карбюризатора метановодородной среды и разбавителей в виде порошков Ti и TiC можно получить твердый раствор (Ti, W)C с максимальным содержанием связанного углерода и минимальным содержанием свободного

углерода и примесей  $O_2$  и  $N_2$ , что позволяет получать более высококачественные твердые сплавы группы ТК.

Обосновано, что для осуществления совмещенного процесса восстановления–карбидизации следует применять открытый реактор, метановодородную среду равновесного состава и твердотельный источник углерода, т.к. науглероживание восстановленного из  $WO_3$  или смеси  $WO_3$  со шпинелями вольфрама на 50 % осуществляется за счет твердотельного источника. Это позволило усовершенствовать процесс регенерации твердого сплава из его скрапа и уменьшить на 30 % расход графитовых пластин.

Все эти новые задачи решены молодежным коллективом: И. В. Андреевым, И. В. Савчук, А. А. Матвийчуком, А. Е. Бабенко под руководством чл.-кор. НАНУ В. П. Бондаренко.

Значительные успехи достигнуты и в области легирования твердых сплавов.

Ранее (1987 г.) в работе В. П. Бондаренко теоретически было показано, что для обеспечения высокой прочности и пластичности твердых сплавов группы КХН следует уменьшить размер зерна  $Cr_3C_2$  до 1,2 мкм. Легирование этих сплавов бором или борсодержащими соединениями удалось снизить размер зерна  $Cr_3C_2$  с 12 до 4 мкм и повысить одновременно прочность. Это открыло широкие возможности для изготовления крупногабаритных пар трения из новых сплавов КХНПР для работы в коррозионно–активных средах.

Продолжением этих работ явилось изучение влияния легирующих добавок карбидов переходных металлов IV–V групп таблицы Менделеева и интерметаллидов иттрия и лантанидов на физико-механические свойства твердых расплавов с 6–12 % связки, распределения легирующих компонентов между структурными составляющими, механизма влияния легирующих добавок на эксплуатационную стойкость аппаратов высокого давления массой от 200 до 400 г. Установлено, что наиболее эффективными добавками являются карбиды ванадия и тантала, которые концентрируются в карбидном скелете, упрочняя его. Карбид хрома, растворяющийся в значительном количестве в связке, охрупчивает ее и сплав в целом. В результате, хотя в среднем эксплуатационная стойкость возрастает, но меньше чем в первом случае, а АД работают нестабильно. Интерметаллиды иттрия и лантанидов наименее технологичны, трудно растворяются в связке, что приводит к повышенной пористости сплава и нестабильной работе АД.

В результате оптимизированы составы добавок и их содержание в сплавах с разным количеством связки, установлен механизм влияния добавок, расширены марки легированных сплавов, которые целесообразно использовать в АД, повышена эксплуатационная стойкость матриц АД из сплавов ВК6 до 1,6 раза и доказана более высокая эффективность работы матриц АД из сплава ВК8, легированного карбидами тантала или ванадия.

Для своих исследований научно-технологический центр твердых сплавов концерна «Алкон» привлекает различные отделы ИСМ, ИПМ, инженерно-физического факультета КПИ, что расширяет его возможности в использовании современных научно-исследовательских приборов и методов.

Перечисленные основные этапы становления научно-технического центра концерна «Алкон» свидетельствуют о том, что в настоящее время он является крупным научно-производственным объединением, которое может решать самые сложные научные проблемы в области производства твердых сплавов от восстановления W до упрочнения окончательно спеченных изделий).

Практическая реализация научных разработок центра осуществляется на входящем в него Государственном научно-производственном предприятии «Алкон-твердосплав», на котором работает 70 человек.

Потенциальные возможности этого предприятия составляют 80 т. в год. Но пока реализуется только 20 % его возможностей. Основными причинами такой ситуации является отсутствие возможности значительного увеличения оборотных средств, а также отсутствие современных менеджеров и опыта работы в рыночных условиях. В связи с этим ближайшими научно-техническими и производственными задачами, которые мы ставим перед собой, являются:

организация производства для собственных нужд и на продажу высококачественных смесей групп ВК, ТК и ТТК) из серийного сырья;

организация производства высококачественных пластин и вставок для металлорежущего, бурового и камнеобрабатывающего инструмента, в том числе с покрытиями в содружестве с профессором Сагаловичем;

создание отделения твердосплавного бурового и камнеобрабатывающего инструментов, оснащенных новыми марками твердых сплавов;

организация производства новых видов крупногабаритных твердосплавных изделий (прокатных валков, втулок подшипников, плунжеров, направляющих и т.п.);

создание и организация активной деятельности испытательно-внедренческих бригад;

оснащение ГНПП «Алкон-твердосплав» современным высокопроизводительным оборудованием;

увеличение объемов производства твердых сплавов и твердосплавного инструмента в 3–5 раз.

Решение этих финансовых и кадровых проблем позволит научно-техническому центру твердых сплавов концерна «Алкон» подняться до уровня современного европейского центра и устойчиво работать в условиях рыночной экономики не только в Украине, но и в мире.

*Поступила 18.07.07.*