Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Российская академия естественных наук

90-летию Сибирского государственного индустриального университета посвящается

ВЕСТНИК ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕКЦИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Отделение металлургии

Сборник научных трудов

Издается с 1994 г. ежегодно

Выпуск 43

Москва
Новокузнецк
2020

ISSN 2073–2848

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)
ББК 34.3я4
В 387

В 387 **Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии**: Сборник научных трудов. Вып. 43 / Редкол.: Е.В. Протопопов (главн. ред.), М.В. Темлянцев (зам. главн. ред.), Г.В. Галевский (зам. главн. ред.) [и др.]: Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк, 2020. – 272 с., ил.

Издание сборника статей, подготовленных авторскими коллективами, возглавляемыми действительными членами и членами-корреспондентами РАЕН, других профессиональных академий, профессорами вузов России. Представлены работы по различным направлениям исследований в области металлургии черных и цветных металлов и сплавов, порошковой металлургии и композиционных материалов, физики металлов и металловедения, экономики и управления на предприятиях.

Сборник реферируется в РЖ Металлургия.
Электронная версия сборника представлена на сайте *http://www.sibsiu.ru* в разделе «Научные издания»

Ил. 89, табл. 61, библиогр. назв. 276.

Редакционная коллегия: Аренс В.Ж., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, вице-президент РАЕН, г. Москва; Райков Ю.Н., д.т.н., д.ч. РАЕН, председатель горно-металлургической секции РАЕН, ОАО «Институт Цветметобработка», г. Москва; Протопопов Е.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (главный редактор), СибГИУ, г. Новокузнецк; Темлянцев М.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (зам. главного редактора), СибГИУ, г. Новокузнецк; Галевский Г.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (зам. главного редактора), СибГИУ, г. Новокузнецк; Буторина И.В., д.т.н., проф., СПбГПУ, г. Санкт-Петербург; Волокитин Г.Г., д.т.н., проф., д.ч. МАНЭБ, ТГАСУ, г. Томск; Медведев А.С., д.т.н., проф., д.ч. МАН ВШ, НИТУ «МИСиС», г. Москва; Максимов А.А., д.т.н., проф., г. Новокузнецк; Немчинова Н.В., д.т.н., проф., НИ ИрГТУ, г. Иркутск; Руднева В.В., д.т.н., проф. (отв. секретарь), СибГИУ, г. Новокузнецк; Спирин Н.А., д.т.н., проф., д.ч. АИН, УрФУ, г. Екатеринбург; Черепанов А.Н., д.ф.-м.н., проф., член РНК ТММ, ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск; Юрьев А.Б., д.т.н., проф., СибГИУ, г. Новокузнецк.

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)
ББК 34.3я4

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ И РУКОВОДИТЕЛЯХ АВТОРСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

Бабенко А.А.	д-р техн. наук, проф., Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург
Галевский Г.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк
Козырев Н.А.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнец
Немчинова Н.В.	д-р техн. наук, проф., ИрНИТУ, г. Иркутск
Нохрина О.И.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Оршанская Е.Г.	д-р пед. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Рожихина И.Д.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Руднева В.В.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Темлянцев М.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ 7
МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ 8
М.В. Темлянцев, Г.В. Галевский, В.В. Руднева
Современная металлургия: технологии, доминирующие тенденции, прогнозы 9
Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин
Молибден в современной металлургии: состояние производства и металлопродукция 20
Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин
Молибден в современной металлургии: минерально-сырьевая база и производство молибденовых концентратов 32
И.Д. Рожихина, О.И.Нохрина, К.С.Ёлкин, М.А.Голодова
Современное состояние мирового и отечественного производства ферросплавов 47
А.Е. Аникин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева
Металлизация оксиджелезосодержащих отходов с использованием различных углеродистых восстановителей 63
И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, И.Е. Ходосов, К.С. Ёлкин
Изучение состава и характеристик шлаков рафинирования кремния 77
К.С. Ёлкин, И.Д.Рожихина, О.И. Нохрина, А.В. Сивцов, И.М. Кашлев, А.И. Карлина, Д.К. Ёлкин
Анализ показателей производства кремния и ферросилиция с учетом генетических особенностей кварцитов 85
А.А. Александров, В.Я. Дашевский
Термодинамический анализ растворения кислорода в никель-кобальтовых расплавах 95
Д.А. Есенгалиев, А.З. Исагулов, С.О. Байсанов, А.С. Байсанов, О.В. Заякин
Термодинамика углеродо- и металлотермического восстановления марганца 102
А.А. Бабенко, Р.Р. Шартдинов, А.Г. Уполовникова, А.Н. Сметанников, В.С. Гуляков
Исследование свойств высокоосновных борсодержащих шлаков 108
К.С. Ёлкин, И.М. Кашлев, А.И. Карлина
Рафинирование кремния и кремнистых ферросплавов от примесей 113
А.З. Исагулов, Д.Р. Аубакиров
Причины образования и предупреждение литейных дефектов в мелющих шарах 120

Д.А. Лубяной, Р.О. Мамедов, С.В. Князев
Ресурсо- и энергосбережение в технологии получения стальных отливок с термовременной обработкой 126

Т.В. Ковалева, Е.Н. Еремин
Повышение эксплуатационных характеристик оболочковой формы.. 133

А.В. Кожевников, А.С. Смирнов, Ю.В. Платонов
Исследование возникновения вибраций при холодной прокатке полосы 138

Е.А. Пинаев, М.В. Темлянцев, Е.Н. Темлянцева, Н.И. Кувшинникова
исследование химического и фазового состава продуктов коррозии чугунных секций газосборного колокола алюминиевых электролизеров ЭкоСодерберг 144

Н.В. Немчинова, А.А. Яковлева, А.А. Тютрин, О.П. Гудкова
Опробование песков прибайкалья в качестве барьерных материалов для алюминиевого электролизера 152

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ..... 158

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, А.Е. Аникин, Т.И. Алексеева
Исследование механизма образования карбида циркония в условиях плазменного потока азота 159

Д.К. Ёлкин, К.С. Ёлкин, А.В. Сивцов
Научные и технологические основы получения «активного» карбида кремния 171

ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ 175

А.М. Апасов
Явление формирования металлической связи между атомами соприкасающихся свободных поверхностей трещиноподобных дефектов при воздействии излучения оптического квантового генератора 176

А. Х. Хакимов, Т.М. Умарова, И. Н. Ганиев, Н.Р. Эсанов
Анодное поведение алюминиевого-железового сплава АЖ 2,18 с иттрием, гадолинием и эрбием, в среде электролита 0,3 %-ного NaCl..... 180

Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, К.А. Бутакова, А.Н. Гостевская, А.А. Усольцев
Изучение микроструктуры сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ 187

Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.Н. Гостевская, К.А. Бутакова, А.А. Усольцев
Влияние режимов контактной стыковой сварки на неметаллические включения в металле рельсовой стали Э76ХФ..... 195

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ...201

Л.Н. Шевелев

Повышение энергоэффективности и экологической безопасности доменного и сталеплавильного производств 202

С.Г. Галевский

Субъектно-ориентированный подход в оценке доходности металлургических компаний..... 208

С.Г. Галевский

Оценка эффективности металлургических инвестиционных проектов на основе корректного учета рисков 216

Е.Л. Медиокритский

Утилизация твердых бытовых отходов в польше: подходы и опыт решения вопросов..... 226

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 234

М.В. Темлянцев, Г.В. Галевский

Подготовка кадров для современной металлургии: задачи. Инновации. Перспективы. (итоги тематической деловой встречи) 235

Е.Г. Оршанская

Применение дистанционных технологий в процессе изучения иностранных языков в вузе 239

Р.И. Ким, Я.Ю. Хомичев, О.А. Угольникова

Оценка физической подготовленности обучающихся как показатель эффективности физического воспитания в вузе. 245

О.А. Угольникова, Р.И. Ким, Е.Е. Григораш

Сопоставительные нормативы для оценки физической и функциональной подготовленности женщин-борцов 249

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ И БИОГРАФИИ 255

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

Синтез алмазов: развитие теории и технологические прогнозы профессора О.И. Лейпунского (к 110-летию со дня рождения и 80-летию его великого открытия) 256

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

Профессор Т. Холл – ученый, технолог, конструктор (к 100-летию со дня рождения)..... 263

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ..... 270

УДК 666.23

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

ПРОФЕССОР Т. ХОЛЛ – УЧЕНЫЙ, ТЕХНОЛОГ, КОНСТРУКТОР (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Приведены результаты научного историко-аналитического исследования деятельности профессора Т. Холла в период его жизни, соответствующий активному экспериментальному поиску параметров и условий осуществления технологии каталитического синтеза алмазов, оценки его достижений, вклада и приоритета.

The results of scientific historical and analytical research of activity of Professor T. Hall during his life, corresponding to active experimental search of parameters and conditions of implementation of technology of catalytic synthesis of diamonds, assessment of its achievements, contribution and priority are presented.

Историческое предисловие

Одна из важных особенностей современного научно – технического прогресса – широкое использование сверхтвердых синтетических материалов. Среди них ведущее место принадлежит синтетическому алмазу.

В течении 17 – 20 столетий человечеством были предприняты неоднократные попытки синтезировать алмазы. Многие выдающиеся ученые приложили свои силы и знания к исследованию структуры и свойств алмаза, теоретическому прогнозированию Р – Т условий перехода графита в алмаз, экспериментальному поиску условий графито-алмазных превращений, созданию аппаратов для синтеза алмазов. Среди них – Г. Аверани, К.А. Тарджионо, В.Н. Каразин, Р. Бойль, А. Лавуазье, С. Теннан, Д.Б. Хенкей, А. Муассан, И. Парсонс, П.У. Бриджмен, О.И. Лейпунский, Д.А. Франк-Каменецкий и др. Пионер исследований в области физики высоких давлений, Лауреат Нобелевской премии, профессор Гарвардского университета П.У. Бриджмен, обладающий также незаурядным писательским талантом, писал о синтезе алмазов: «Попытки добиться успеха в этой захватывающей проблеме обнажили весь спектр человечества. Люди, от блестящих ученых до откровенных шарлатанов и жуликов, дарили ей свой ум и страсти!» [1]. П.У. Бриджмен отмечал также, что на протяжении 25 лет в среднем 2 – 3 человека в год заявляли о том, что владеют секретом синтеза алмаза, и предлагали войти в долю при распределении прибылей в обмен на финансирование изготовления аппарата для практической реализации идеи. Однажды он писал с характерным для него юмором, что «проблема так и просится в детективный роман, и я часто

прихожу к убеждению, что успешное решение проблемы представляет опасность для жизни Алмазного синдиката». Первым исследователем, которому посчастливилось осуществить синтез алмаза, был американский ученый доктор Трейси Холл (1919 – 2008 гг.).

Целью настоящей работы явилось научное историко-аналитическое исследование деятельности профессора Т. Холла в период его жизни, соответствующий активному экспериментальному поиску параметров и условий осуществления будущей технологии каталитического синтеза алмазов, оценка его достижений и вклада в этот научно-технологический прорыв, приоритета полученных им результатов.

По данным [2, 3], Т. Холл родился в 1919 году в Огдене, штат Ютаха, и вырос на ферме в Мариотто – маленьком сельском городке на севере штата. С раннего детства он интересовался наукой, много времени проводил в городской Огденской библиотеке, изучал жизнь и деятельность великого изобретателя Томаса Эдисона. В пятом классе Т. Холл поставил перед собой стратегическую задачу – быть ученым и работать в компании Т. Эдисона «Дженерал Электрик».

В 1939 г. Т. Холл получает степень бакалавра в Вебер – колледже. В 1941 г. он женится на Иде-Розе Лэнгфорд. В 1942 г. заканчивает Университет Ютахи и в 1943 получает степень магистра. Его учеба прервалась из-за начавшейся второй мировой войны, во время которой он служил в военно-морском флоте. После войны, в 1946 г. Т. Холл работает в Университете Ютахи, в котором он получил возможность обучаться у известного ученого Генри Эйрина. Обучение у Г. Эйрина способствовало тому, что Т. Холл стал уделять большое внимание изучению теоретических основ превращения графита в алмаз. В 1948 г., получив докторскую степень, Т. Холл осуществляет свою детскую мечту – устраивается на работу в исследовательскую лабораторию компании «Дженерал Электрик» в Нью-Йорке.

Проект «Сверхдавление» и анализ его результатов

В 1951 г. Т. Холл входит в состав небольшой исследовательской группы, созданной в 1950 г. на базе секции механических исследований химического отдела в составе Ф.П. Банди и Х.М. Стронга для реализации научно-прикладного проекта с кодовым названием «Сверхдавление», ориентированного на конструирование аппаратуры для синтеза алмазов. В 1952 г. к исследованиям был подключен еще один химик – Р.Х. Уэнторф. Каждому из четырех были предоставлены свобода действий и неограниченные финансовые ресурсы. Работа шла по двум основным направлениям: Ф. Банди и Х. Стронг конструировали аппаратуру, а Р. Уэнторф и Т. Холл пытались подобраться к технологии: определить исходные вещества и катализаторы.

Трейси Холл, 1955 г.

Хотя Т. Холл получил химическое образование, он быстро понял, что главное препятствие на пути успешного решения проблемы синтеза алмаза – отсутствие оборудования высокого давления, и разработал эскизный проект системы, впоследствии названной «халфбелт». Это был только первый шаг к успеху, но он наметил путь к новой, ставшей знаменитой конструкции «белт». Свой первый аппарат высокого давления Т. Холл создавал на основе неофициальной договоренности с коллегами из механической мастерской. Таким же образом были изготовлены самые важные детали аппарата из твердого сплава на основе карбида вольфрама. Работа по созданию аппарата высокого давления была завершена в июле 1953 г. Применение твердого сплава позволило создать давление в 120000 атм при температуре 1800 °С и выдерживать эти параметры несколько минут. Год исследователя преследовали неудачи, но 16 декабря 1954 г. пришел первый успех. Т. Холл позднее писал: «Руки мои тряслись, учащенно билось сердце, я ощутил слабость в коленях и вынужден был сесть. Мои глаза поймали сверкнувший свет от дюжин мелких треугольных граней октаэдрических кристаллов… и я понял, что наконец-то алмазы сделаны человеком» [1]. Этот эксперимент был выполнен при давлении 70000 атм и температуре 1600 °С с использованием графита и троилита (FeS). Алмазы прилипли к танталовому диску, который использовался для подвода электрического тока при нагреве образца. Тантал, по мнению исследователя, восстанавливал FeS до металлического железа, сыгравшего роль катализатора – растворителя для графита и кристаллизационной среды для алмаза. Синтез алмаза был подтвержден 31 декабря 1954 г. Хью Вудбери. 15 февраля 1955 г. об этом было сообщено в прессе.

Аппарат для синтеза алмаза, предложенный Т. Холлом, назывался «белт» (пояс), потому что центральная часть, где происходит синтез алмазов, поддерживалась кольцом из карбида вольфрама с бандажом из высокопрочной стали (рисунки 1, 2) [4]. Два конических поршня приводились в движение с помощью большого гидравлического пресса из упрочненной стали.

Главная трудность при создании аппаратов высоких давлений и температур заключается в том, что стали и другие конструкционные материалы быстро теряют свою прочность при нагреве. Эту проблему можно решить путем нагрева только внутреннего рабочего объема при соответствующей термоизоляции для предотвращения чрезмерного нагрева поршней и пояса. Группа исследователей «Дженерал Электрик» с успехом использовала встречающийся в природе минерал пирофиллит: мягкий, достаточно хорошо передающий давление и в то же время обладающий высокой температурой плавления. В полость, образованную поршнями и поясом, помещали ячейку из пирофиллита с вмонтированной электропечью в виде графитовой трубки, с помощью которой достигалась необходимая температура. Зазоры между поршнями и поясом уплотнялись металлическими и пирофиллитовыми прокладками, которые выполняли также роль тепло- и электроизоляторов.

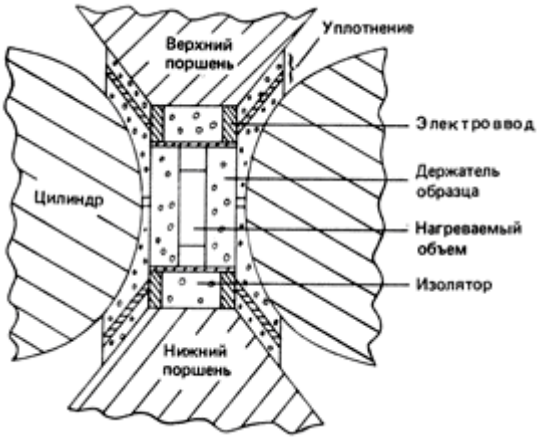


Рисунок 1 – Аппарат высокого давления типа «белт»

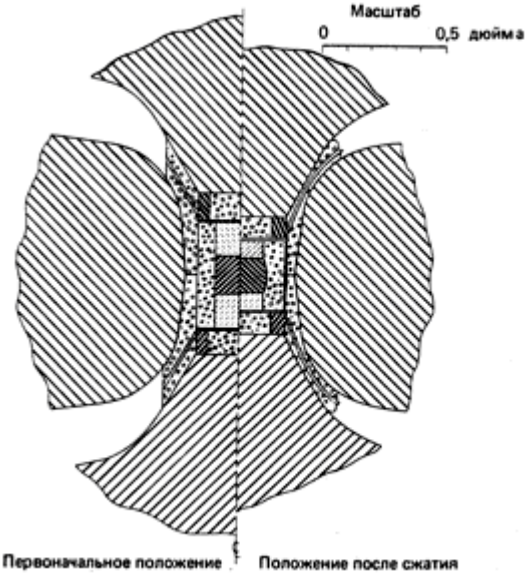


Рисунок 2 – Схема, иллюстрирующая изменение нагреваемого объема аппарата высокого давления «белт», от исходного положения до положения после сжатия

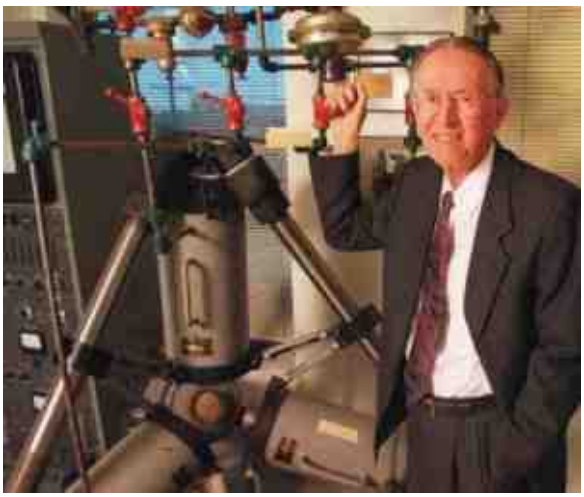
В отличие от неудачных опытов по синтезу алмазов, проводимых в 1941 – 1945 гг. компаниями «Нортон» и «Дженерал Электрик» под руководством профессора П.У. Бриджмена, в экспериментах Т. Холла использовался катализатор (железо), что и предопределило успешное решение поставленной задачи [4]. Согласно патенту «Дженерал электрик» (Холл Х.Т., Стронг Х.М., Уэнторф Р.Х. США. Патент 2947610 от 10 августа 1960 г.), типичная шихта в реакционной камере представляла собой смесь 5 частей графита, 1 части железа, 1/3 части марганца и 1/3 части пентаоксида ванадия. Эту смесь запечатывали и нагревали до 1700 °С под давлением 95000 атм в течение 2 мин, затем охлаждали до 1500 °С за 8 мин. Позднее в качестве растворителя стали использовать смесь никеля и марганца, позволяющую осуществить синтез алмаза при менее жестких условиях, например, при 50000 атм и 1400 °С.

Исследовательская лаборатория компании «Дженерал Электрик» представила официальный отчет об успехе группы «Сверхдавление» в 1955 г. Успешный синтез явился результатом четырехлетних исследований. Сообщение о синтезе алмазов увеличило стоимость акций «Дженерал Электрик» за один день более чем на 300 млн. долларов, а акции горнорудной корпорации «Де Бирс» упали на несколько пунктов, хотя и восстановились на следующий день. Стоимость алмазов компании «Дженерал Электрик» была выше, чем природных. Однако уже в 1957 г. искусственные алмазы в виде порошков, используемых для изготовления шлифовальных кругов, стали конкурировать по цене с природными. В сообщении для печати 22 октября 1957 г. говорилось, что к этому времени компанией «Дженерал Электрик» произведено уже 100000 карат синтетических алмазов (цена 4,25 доллара за карат) и что в 1958 г. предполагается произвести

3,5 млн. карат. Через месяц после сообщения компании «Дженерал электрик» в 1955 г. руководство горнорудной корпорации «Де Бирс» пришло к решению о необходимости производства синтетических алмазов. Фабрика в г. Спрингсе близ Иоханнесбурга (ЮАР), принадлежавшая корпорации, начала давать продукцию в 1958 г., а в 1963 г. открыла дочернее предприятие в г. Шанноне (Ирландия). Так начиналось мировое промышленное производство алмазов, к 1980 г. превысившее уже более 100 млн. карат (20 т) в год. Мировое научное и технологическое сообщество получило пример блестящей коммерциализации научной разработки.

Технология синтеза алмазов, производимых компанией «Дженерал электрик», начиная с 1955 г., была строго засекречена. Т. Холлом было опубликовано лишь несколько обзорных статей [1]. Он был недоволен как установленным режимом секретности, так и финансовой политикой компании. Поэтому в сентябре 1955 г. он перешел в университет Янг Бригем на престижную должность ведущего профессора химии. В 1957 году Т. Холл конструирует первую в мире тетраэдрическую установку высокого давления и получает на нее патент (US Patent 2,918,699). Вскоре он продает свое изобретение и начинает заниматься конструированием кубического аппарата. В 1966 г. Т. Холл вместе с двумя коллегами создает компанию «Мегадаймонд», которая занимается разработкой аппаратуры высокого давления и производством синтетических алмазов.

Соединенные Штаты Америки высоко оценили научные, технологические, конструкторские достижения Т. Холла: в 1970 г. он получает награду «Пионер химии в области синтеза алмаза», в 1994 г. – правительственную медаль за достижения в науке и технологии, ряд университетов США, в том числе родной Университет Ютахи, присуждают ему почетную докторскую степень. Однако залогом успеха и самым главным в своей жизни Т. Холл всегда считал дом и семью.



Трейси Холл рядом со своей первой тетраэдрической установкой для синтеза алмаза, ноябрь 1999 г.

Алмазы Э. Лундблата и Т. Холла: оценка приоритета

Однако мировая научная общественность, аналитики и историки до сих пор неоднозначно оценивают успех и приоритет профессора Т. Холла в технологии синтеза алмаза. Так, Б. Горобец считает, что без фазовой диаграммы системы графит – алмаз профессора О.И. Лейпунского, предложенной им в 1939 г. [5], экспериментальный результат Т. Холла был бы недостижим [6]. Д. Элуэлл признает, что первыми синтезировали алмазы специалисты фирмы ASEA (Всеобщая шведская электрическая компания) во главе с инженером Эриком Лундблатом [1]. Произошло это событие 17 февраля 1953 г. Но исследовательская группа ASEA не патентовала и не публиковала результатов своих исследований вплоть до 1960 г., а фирма не приступала к коммерческому выпуску алмазов до 1964 г. Представляется, что для этого были весомые причины, а именно:

– молчаливое признание шведскими специалистами приоритета профессора О.И. Лейпунского и пунктуальное следование его рекомендациям при выборе давления, температуры и среды – растворителя (железа);

– несоответствие достигнутых аппаратурного и технологического уровней промышленному.

Б. Горобец в [7] отмечает, что алмазы у шведов долго не получались. Сначала блок высокого давления разрывало на части. Его стягивали рояльными струнами, что увеличило прочность на порядок. Каждый раз струн наматывали по 300 км. После опыта все это разматывали и в грязном спеке искали алмазы. Сам руководитель работ Э. Лундблат писал [7]: «17 февраля 1953 г. начали в 8 утра, сняли давление в 10. Извлекли спекшийся материал из камеры часа в три. В те времена это длилось долго – пока все расковыряешь – медь, тальк, спекшееся железо. И когда на этот раз вскрыли пробу, мы сразу увидели: что-то не так. Мы считали, что у нас держалось около 80 тысяч атмосфер и примерно 2500 градусов минуты две. В серой затвердевшей массе были зерна – множество мелких кристалликов, зеленоватых, желтоватых, черных. Часа через два у нас была рентгенограмма, и она не оставляла сомнений – это были кристаллики алмаза!» Размеры алмазов составляли 0,1 – 0,5 мм. При синтезе образовалось около 20 – 50 кристаллов. На следующий день рентгенограммы, сделанные в Стокгольмском университете, также подтвердили успешный результат эксперимента.

– слабое понимание физико-химических закономерностей образования алмаза в исследуемых условиях: Э. Лундблат: «…Мы сомневались: а много ли мы знаем, что там происходит, в нашем графитовом растворе? Надо продолжать опыты, объяснить механизм. Что мы можем положить на стол, чтобы фирма брала патент и платила за него немалые деньги? Что поделать: мы, кажется, не были опытными дельцами» [1].

По мнению авторов, в основе успеха Т. Холла – благоприятное сочетание следующих обстоятельств:

– блестящее профессиональное физико-химическое образование, необычное для физика и химика креативное конструкторское мышление, позволившее в течение почти 40 лет генерировать основополагающие идеи создания аппаратов высокого давления для синтеза алмазов и кубического нитрида бора, колоссальная работоспособность, умение работать в команде;

– возможность использования гениального теоретического прогноза профессора О.И. Лейпунского (1939 г.) – Р – Т параметров и условий синтеза (наличие железа в качестве катализатора – растворителя), общедоступного и хорошо изученного специалистами США, Швеции, СССР;

– ускоряющее воздействие сформировавшейся в мире к началу 50-х годов жесткой научно-технологической конкурентной среды. способствующей высокой плотности достигнутых результатов по синтезу алмаза: 1953 г. – Швеция, 1955 г. – США, 1960 г. – СССР.

Заключение

Проведено научное историко-аналитическое исследование творческого наследия основоположника современной технологии каталитического синтеза алмазов и принципов конструирования технологических аппаратов высокого давления профессора Т. Холла. Подтверждено, что Т. Холлом впервые разработан состав реакционной шихты, экспериментально определены Р - Т параметры синтеза, его кинетические условия (наличие катализатора - растворителя, скорость нагрева шихты, значение требуемой удельной электрической мощности, продолжительность нагрева), сформулированы новые принципы конструирования электротермических камер высокого давления и создан технологический аппарат типа «белт». Полученные Т. Холлом результаты явились блестящим подтверждением гениального теоретического прогноза профессора О.И. Лейпунского, по уровню технолого-конструкторских решений оказались близки к промышленному, что позволило компании «Дженерал Электрик» впервые в мире начать коммерческое производство алмазов для металлообработки. Это обстоятельство, а также своевременное опубликование достигнутых результатов и их патентная защита свидетельствуют о безусловном приоритете Т. Холла в решении этого давно поставленного техникой и технологией вопроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Элуэл Л. Искусственные драгоценные камни : пер. с англ. Р.А. Имбулатова. – М. : Мир, 1981.

2. H. Tracy Hall. – Режим доступа: http://67.50.46.175/History/bio.htm.

3. Галевский Г.В. Профессор Т. Холл и технология синтеза алмазов / Г.В. Галевский, В.В. Руднева // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2010. – № 5. – С. 59 – 63.

4. Галевский Г.В. Оборудование и технология производства сверхтвердых материалов : учебное пособие / Г.В. Галевский, В.В. Руднева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 213 с.

5. Лейпунский О.И. Об искусственных алмазах // Успехи химии. – 1939. – Т. 8. – № 10. – С. 1518 – 1534.

6. Горобец Б. Трое из Атомного проекта. Секретные физики Лейпунские. – М. : Изд-во УРСС, 2008. – 162 с.

7. Синтез алмазов по Лейпунскому. Международная Еврейская Газета. - Режим доступа: http://www.jig.ru/index4.php/2008/07/11/sintez-almazov-po-leipunskomu.html.