

УДК 621.77

## «МЕТАЛЛДЕФОРМ» – ИСТОКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

© 2015 Н.Ф. Банникова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)

Статья поступила в редакцию 23.11.2015

В статье отражены основные направления фундаментальных исследований самарских ученых в рамках научной школы металлофизики и механики процессов деформирования. Раскрыта роль кафедры обработки металлов давлением СГАУ и Волжского филиала ИМЕТ РАН (1998-2010 г.г.) в развитии связей самарских учёных-металлургов с академическими и производственными организациями России и зарубежных стран. Показаны истоки, этапы и развитие международной научно-технической конференции «Металлдеформ», проводимой на базе СГАУ, которая стала традиционной и собирает учёных с 1998 года каждые пять лет.

Ключевые слова: научная школа, теория пластичности, обработка металлов давлением, сплавы, нанотехнологии, металлофизика, текстурные преобразования

Развитие авиационной и ракетно-космической промышленности в нашей стране в конце 1960-х годов потребовало создания новых научных направлений в области металлургии. Прежде всего, создания новых материалов на основе алюминия, магния, титана, бериллия и специальных сталей.

В этот период в Самарском государственном аэрокосмическом университете (тогда КуАИ) на базе кафедры обработки металлов давлением (ОМД) формировались основы нового научного направления пластического формоизменения анизотропных и специальных материалов. Творческим коллективом в составе Ю.М. Арышенского (1928 – 2003), В.В. Уварова (1938 – 2008) и И.И. Калужского был разработан оригинальный вариант теории пластичности анизотропных сред, в основе которого лежит мгновенное условие текучести Р. Мизеса.

На основе феноменологического подхода постепенно сложилась научная школа «Пластическое деформирование анизотропных материалов», которая в 1988 году получила статус лаборатории – НИЛ-37.

Важный этап в развитии научной школы наступил на рубеже 1980 – 1990-х годов. Учеником Ю.М. Арышенского молодым ученым Ф.В. Гречниковым впервые в данной области науки была выдвинута концепция объединения феноменологического и кристаллографического

*Банникова Наталья Федоровна, кандидат исторических наук, профессор. E-mail: ssau@ssau.ru*

подходов к изучению больших пластических деформаций и сформулировано новое направление интенсификации процессов пластического деформирования.

Разработанная теория позволила определить, в каких процессах обработки металлов давлением какая анизотропия свойств будет увеличивать деформационные возможности заготовок, снижать потери металла и улучшать параметры и эксплуатационные характеристики изделия.

На базе выводов и исследований был разработан ряд технологий формирования деталей из алюминиевых, титановых и магниевых сплавов, а также горячей и холодной прокатки, промежуточной и окончательной термообработки алюминиевых листов и лент, штампуемых в различных состояниях поставки. Это имело большое практическое значение. Технологии были внедрены на Самарском металлургическом и авиационном заводах.

На основе научных исследований в 1993 году Ф.В. Гречников успешно защитил докторскую диссертацию в МГТУ им. Н.Э. Баумана. В том же году он возглавил кафедру ОМД. С его приходом успешно стал развиваться целый ряд научных направлений:

Методы и средства интенсификации пластического деформирования анизотропных сред (Ф.В. Гречников);

Проектирование технологических процессов с регулируемым изменением толщины заготовки в формообразующих операциях листовой штамповки (И.И. Попов);

Разработка процессов производства профилей и труб с продольным и винтовым оребрением (В.Р. Каргин);

Исследования локального пластического деформирования конструкционных и волокнистых композиционных материалов и разработка на их основе новых технологических процессов сборки и клепки (С.И. Козий (1944 - 2012));

Изучение взаимосвязи структурных изменений с микромеханическими свойствами металлических конструкционных материалов при эксплуатации в условиях космоса (А.Н. Логвинов (1939 - 2004)) [1].

В 1990 году на кафедре ОМД была создана вторая научно-исследовательская лаборатория НИЛ-41 под руководством к.т.н. В.А. Глущенкова. В лаборатории разрабатывались специальные методы штамповки, среди которых основное место занимала магнитно-импульсная обработка металлов (МИОМ). Преимущество МИОМ как экологически чистого процесса обеспечило ей широкое внедрение в различных отраслях промышленности: авиакосмической, автомобильной, электротехнической и др.

Обе лаборатории: и НИЛ-37, и НИЛ-41 – тесно сотрудничали со специалистами Самарского металлургического завода по созданию комплексной технологии изготовления труб для холодильных аппаратов, листов и тонких лент для формообразования деталей, применяемых во многих отраслях промышленности.

В начале 1990-х годов д.т.н. В.Р. Каргиным была спроектирована и построена поточная линия по производству теплообменных труб нового поколения (Молдова, г. Страшены). Технология их изготовления запатентована в США, Англии и Италии. Образцы труб демонстрировались на всемирных выставках в США, Германии и Франции.

Можно отметить, что в 1990-е годы в Самаре сформировался высокий научный потенциал ученых-металлургов.

С 1960-х годов в КуАИ на кафедре технологии металлов и авиационного материаловедения развивалась и порошковая металлургия, разработанная известным профессором, д.т.н. Г.И. Аксеновым (1900 – 1990) и успешно продолженная его соратниками: В.Д. Юшиным, Е.М. Минаевым и др. Это направление пользовалось заслуженным авторитетом в России и за рубежом. Высокой эффективностью отличались исследования по переработке в порошки металлических отходов производства, влиянию вакуума на структуру

свойства материалов при эксплуатации в космических условиях.

В металлургическом производстве страны при участии самарских ученых и специалистов использовались наукоемкие процессы и технологии. Были заложены основы научной школы металлофизики и механики процессов деформирования под руководством профессора Ф.В. Гречникова, получившей в дальнейшем признание в России.

Это привело к организации в Самаре филиала Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук. Постановлением Отделения физикохимии и технологии неорганических материалов РАН в 1998 году в Самаре был создан ВФ ИМЕТ РАН. Директором филиала был назначен д.т.н., профессор Ф.В. Гречников.

В составе ВФ ИМЕТ РАН работали многие ученые СГАУ: доктора технических наук, профессора Ю.М. Арышенский, И.Л. Шитарев (1939 – 2014), В.А. Костышев, И.П. Попов, В.Р. Каргин, М.Б. Оводенко, В.А. Глущенков, С.И. Козий, кандидаты технических наук, доценты Т.В. Черепок, М.Г. Лосев, Е.А. Носова, В.Ю. Арышенский, В.Д. Маслов, И.В. Осинская и многие другие. Создание филиала укрепило творческие связи самарской научной школы как с академическими, так и с производственными организациями. Результаты сотрудничества обсуждались в работе многих международных научных и научно-технических конференций.

Важным событием в жизни научной школы стала проведенная на базе СГАУ и Волжского филиала ИМЕТ РАН Первая международная научно-техническая конференция «Металлдеформ-99».

В 1999 году в конференции приняли участие ученые вузов и научно-исследовательских институтов из Москвы, Санкт-Петербурга, Рязани, Самары, Чебоксар, Тулы и Ростова-на-Дону, а также из Болгарии, Латвии, Украины, Китая и США. Всего в работе конференции приняли участие 150 специалистов, на четырех секциях было заслушано более ста докладов.

Наибольший интерес участники конференции проявили к проблемам, рассматриваемым в секции «Теория, методы и средства пластического деформирования материалов с заданным уровнем свойств» (руководитель Ф.В. Гречников). На секции обсуждались актуальные проблемы: интенсификация процессов деформирования

за счет формирования эффективной текстуры и анизотропии в алюминиевом листе для глубокой вытяжки, исследование структуры и свойств высокомагниевого сплава; анализ влияния напряженного состояния на формирование текстуры при горячей прокатке; получение плакированных труб методом горячего прессования, определение остаточных напряжений в составных биметаллических трубах и т.п. [2].

Особое внимание ученых России и других стран в работе конференции привлекла секция «Магнитно-импульсная обработка металлов на современном этапе». Доклады самарских исследователей под руководством к.т.н. В.А. Глущенкова отражали результаты в этой области науки и техники за 1991 – 1999 годы [3].

Международным признанием научно-технической деятельности В.А. Глущенкова стало избрание его академиком Нью-Йоркской академии наук и Президентом Международной Ассоциации научных сотрудников и инженеров по МИОМ (1991 г.). Сложившаяся вокруг В.А. Глущенкова команда – Р.Ю. Юсупов, В.Ф. Каргузин, Ю.А. Егоров и другие – разработала типовой ряд магнитно-импульсных установок, которые имеют большое практическое значение.

По итогам работы международной научно-технической конференции «Металлдеформ-99» был отмечен большой вклад самарских ученых в развитие металлургии и процессов обработки металлов давлением, а также организационную работу и было принято предложение участников о периодичности проведения научно-технической конференции на базе СГАУ.

В начале XXI века усилия коллектива научной школы металлофизики и механики процессов деформирования под руководством Ф.В. Гречникова были сосредоточены на проведении фундаментальных исследований, направленных на создание новых критериев пластичности, изучение механизмов текстурообразования и определения способов регулирования компонент текстуры за счет сочетания различных схем деформирования и термообработки и т.п. (В.Ю. Арышенский, Я.А. Ерисов, Е.В. Арышенский).

На кафедре технологии металлов и авиаматериаловедения под руководством профессора В.В. Уварова создавались и внедрялись в производство сплавы, как с использованием порошковой металлургии, так и систем комплексного легирования обычными лигатурами. Учеными

СГАУ велись разработки общей теоретической базы в области физикохимии процессов конденсированных систем.

Научными сотрудниками изучалась зависимость свойств спеченных титановых сплавов от их состава (В.Н. Казаков, А.В. Казаков). Разработаны новые методы горячей раскатки колец газотурбинных двигателей из сварных заготовок с целью повышения их прочности, выносливости и надежности (И.Л. Шитарев, В.А. Костышев). На Самарском металлургическом заводе было освоено производство труб для водоотделяющих колонн при добыче нефти с морского дна, а также труб сервисного назначения. Созданные учеными полуфабрикаты не имеют мировых аналогов (А.А. Игуменов, А.Н. Пятаев).

В период 1999 – 2004 гг. в НИЛ-41 проводились фундаментальные и прикладные исследования. Были получены новые результаты по технологической пластичности, механизму разделения, формообразования, компоновки, сборки и сварки, созданы методики моделирования и расчета параметров процессов деформирования. За эти годы была существенно расширена номенклатура деталей, изготавливаемых с помощью магнитно-импульсных технологий, в том числе незамкнутого контура, были завершены работы по восьми контрактам с фирмами Италии, КНР, Финляндии, Германии. Сотрудники лаборатории участвовали в международных конференциях и выставках в Швейцарии, Англии, Китае и Японии.

В 2003 году был создан Самарский инновационно-исследовательский центр разработки и исследований магнитно-импульсных технологий (Центр МИОМ), который функционировал как подразделение коллективного пользования, выполняющий на договорных условиях цикл исследований по заявкам российских и зарубежных пользователей.

Результаты всех научных исследований Самарских ученых подготовили основу для проведения Второй Международной научно-технической конференции «Металлдеформ-2004». В работе конференции приняли участие ученые и специалисты в области металлургии из стран ближнего и дальнего зарубежья: Латвии, Китая, Украины, Израиля, Белоруссии, Казахстана, а также городов России: Самары, Москвы, Санкт-Петербурга, Ижевска, Рязани, Чебоксар, Тулы, Кирова, Ростова-на-Дону и др. Всего было заслу-

шано 190 докладов по актуальным проблемам металлургии, материаловедения и обработки металлов давлением.

По-прежнему большое внимание «Металлдеформ-2004» и его участники уделили теории, методам и средствам пластического деформирования материалов с заданным уровнем свойств. Так, ученые СГАУ (Ф.В. Гречников, В.Р. Каргин, В.А. Щеняев) познакомили коллег с освоением производства листов и лент из алюминиевых сплавов, плакированных силумином. По вопросу об особенностях выплавки алюминиевого сплава легированием порошковых композиций выступили с сообщением И.А. Дроздов и В.В. Уваров и т.п. [4].

Результаты работ участников конференции по проблемам магнитно-импульсной обработки материалов за 1990-2004 гг. активно обсуждались на секции под руководством В.А. Глущенкова. Состоялось также и рабочее совещание членов Ассоциации МИОМ.

Важным вопросом современной науки является привлечение молодежи к исследовательской работе. Поэтому в рамках Второй Международной научно-технической конференции «Металлдеформ-2004» была проведена молодежная конференция «Первые шаги в науке». В ней приняли участие около 60 аспирантов, молодых исследователей и студентов старших курсов технических вузов.

В середине первого десятилетия нового века укреплялся международный авторитет Самарской научной школы. Ученые СГАУ приняли представителей зарубежных фирм ПНИАТ, BRIMET (Китай), ВТТ «Индустриальные системы» (Финляндия), участвовали в создании совместной китайско-российской лаборатории по исследованию сплавов при университете «Синхуа» (Пекин) и др.

Результаты деятельности научной школы металлофизики и механики процессов деформирования подтвердили признание профессора Ф.В. Гречникова как научного лидера. В 2008 году он был избран членом-корреспондентом РАН.

В 2009 году состоялась Третья Международная научно-техническая конференция «Металлдеформ-2009».

«Металлдеформ-2009» был посвящен проблемам металлофизики, механики материалов, наноструктур и процессов деформирования. В конференции приняли участие ученые технических вузов из промышленных центров, академических институтов России и стран

ближнего зарубежья, специалисты ведущих предприятий и объединений страны. Всего было заслушано более 120 докладов, в которых отражены результаты исследовательских и экспериментальных работ в области создания материалов с заданными структурами и свойствами, разработки нанотехнологий и наносистем, а также методов и средств пластического деформирования металлов и сплавов за период с 2004 по 2009 год. Темы докладов подтверждают интерес к проблемам, поднимаемым на МНТК «Металлдеформ», они отражают развитие направлений в целом и новые проблемы в исследованиях участников конференции. На «Металлдеформ-2009» впервые работала секция нанотехнологии и наносистем. Ученые и специалисты представили новые инновационные технологии прокатки, литья, штамповки металлов и сплавов. Например, ученые из ОрелГТУ (О.В. Дорофеев, Л.Н. Курдюмова, Н.Н. Розен) обратили внимание коллег на формирование градиентных субмикро- и нанокристаллических структур в объемных конструкционных материалах. В.М. Зайцев, Ф.В. Гречников и И.В. Осинская (СГАУ) представили обобщенные требования к параметрам наноструктур листовых материалов с регламентируемой анизотропией деформационных характеристик. С интересом было заслушано сообщение о создании наноструктурного сверхпластичного состояния в сплавах на основе алюминия (М.М. Мышляев, ИМЕТ РАН и М.М. Кулак, Институт технической акустики НАН Белоруссии) и др. Обсуждались вопросы теории, методов и средств интенсификации существующих и разработки новых видов пластического деформирования металлов и сплавов [5]. Активно обсуждался опыт и перспективы использования магнитно-импульсной технологии. Состоялся обмен опытом по вопросам подготовки кадров по новым специальностям: «технология машиностроения» и «наноматериалы».

На конференции был подведен итог работы в течение 2003 – 2009 годов сотрудниками ВФ ИМЕТ РАН им. А.А. Байбакова и учеными СГАУ. В этот период был завершен комплекс фундаментальных и прикладных исследований по физическому воздействию импульсным магнитным полем на жидкий кристаллизирующийся металл. На основании полученных результатов были разработаны технологические схемы но-

вых технологических процессов в металлургии и металлообработке.

В 2010 году ВФ ИМЕТ РАН им. А.А. Байбакова был реорганизован в отдел металлофизики и авиационных материалов при Сам НЦ РАН (ОМфАМ).

В последние пять лет коллектив ученых под руководством члена-корреспондента РАН, профессора Ф.В. Гречникова (кафедра ОМД) и коллектива ученых под руководством профессора А.П. Амосова<sup>1</sup> (кафедра технологии металлов и авиаматериаловедения) успешно развивают сотрудничество с видными российскими и зарубежными специалистами.

Партнерами самарских ученых являются ученые ведущих вузов и исследовательских центров России и других стран: МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Баумана, МАИ, ТулГУ, МГТУ, «Станкин», ВИАМ, ИМЕТ РАН, технический центр ALCOA (США), Ганноверский университет имени Лейбница (Германия), университет Лиллона-Карнеги (США), Университет Западной Богемии (Чехия), Технический университет («Клаусталь») (Германия) и др.

В последнее время сотрудниками ОМфАМ совместно со специалистами из ВИАМа велись исследования по алюминийлитиевым (Al-Li) сплавам. Это высокомодульные сплавы с высокой удельной прочностью, которые могут иметь широкое практическое применение.

В октябре 2011 года был подписан договор о научно-исследовательской работе с алюминиевой компанией Америки (ALCOA). Совместно с НТЦ ALCOA (г. Питсбург, США) разработаны способы литья «жидкостным прессованием» и воздействием слабых импульсов тока и магнитных полей акустического диапазона; способ литья с воздействием на расплав магнитных полей высокой напряженности и др. Проведенные исследования показали, что технология, включающая способы литья, прокатки, прессования, сдвига, дает возможность получить микрокристаллическое зерно.

Ученые инженерно-технологического факультета СГАУ поддерживают многолетние связи с немецкими учеными, обмениваются опытом исследований. Так, в апреле 2015 года на факультете были прочитаны лекции профессором

Технического университета Клаусталь Хейнзом Палковски по теме: «Теория и технология инновационных процессов получения однородных и композиционных материалов прокаткой». Важно, что во время визита был разработан перечень вопросов, над которыми ученые СГАУ и Технического университета Клаусталь будут работать совместно. В результате этой работы должны быть созданы новые материалы, которые существенно облегчат конструкции самолетов.

В целом полученные учеными СГАУ результаты по многим разработкам в течение 2009 – 2015 годов позволяют теоретически и методически обосновать новые технические решения при литье и прокатке с использованием источников импульсных и сильных токов и магнитных полей для последующих исследований.

Требуют дальнейшего детального анализа общие закономерности текстурных преобразований при деформации и термической обработке металлов.

А это значит, что есть научная база для проведения следующих научно-технических конференций, есть проблемы, которые нужно обсуждать и которые требуют обсуждения.

Даже самые фундаментальные исследования рано или поздно проложат себе путь в прикладную сферу, в производство.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарская научная школа металлофизики и механики процессов деформирования / авт.-сост. Н.Ф. Банникова; гл. ред. А.М. Дмитриев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. С. 12-13.
2. Металлофизика и деформирование перспективных материалов. Металлдеформ-99. Труды 1-й Международной научно-технической конференции 23-26 июня 1999 г. Секция 1. Теория, методы и средства пластического формоизменения материалов с заданным уровнем свойств. Самара, 1999. С. 7-219.
3. Там же. Секция 4. Магнитно-импульсная обработка металлов на современном этапе. Самара, 1999. С. 5-145.
4. Металлофизика, механика материалов и процессов деформирования. Металлдеформ-2004. Секция 2. Металлофизика, формирование заданных структур и свойств материалов. Теория, методы и средства пластического деформирования материалов с заданным уровнем свойств: Сборник материалов Второй Международной научно-технической конференции 28-30 июня 2004. Самар. гос. аэрокосм. ун-т, Самара, 2004. С. 11-12, 14-15.
5. Металлофизика, механика материалов, наноструктур и процессов деформирования: В 2 т. Т.1. Труды

<sup>1</sup> Амосов А.П., д.ф.-м.н., профессор, специалист в области самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в 2012 году возглавил кафедру технологии металлов и авиаматериаловедения СГАУ.

международной научно-технической конференции Металлдеформ-2009 (Самара, 3-5 июня 2009 г.)

СГАУ. Самара: Издательство учебной литературы, 2009. С. 228-231, 239-244, 278-282.

## **METALDEFORM CONFERENCE: HISTORY AND DEVELOPMENT**

© 2015 N.F. Bannikova

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

Paper represents the main directions of Samara scientists' fundamental researches in the base of scientific school in metal physics and deforming processes mechanics. The role of Metal Pressure Working Department of Samara state aerospace university and Volga Branch of A.A.Baikov Institute of Metallurgy (1998-2000 y.y.) and Material Science is shown in development of connections between Samara scientists-metallurgists and academician and industrial organizations in Russia and abroad. The beginnings, stages and development of International Science and Technical Conference "Metaldeform" organized in Samara State Aerospace University are shown. This Conference became traditional and gathers the scientists every five years since 1998.

*Keywords:* science school, plasticity theory, metal pressure working, alloys, nanotechnologies, metal physics, texture transformations