

## Репортажи

Рауэнштайн/Зоннеберг

cfi/Ber. DKG 84 (2007) No. 6

# Системный рост

# Wachstum mit System

Группа FCT успешно выпускает узкоспециализированную продукцию, соответствующую самым высоким техническим требованиям.

## История

Группа FCT ведет свою историю от основанной в 1982г. Х.Кесселем в городе Родентале компании **KCE Sondermaschinen GmbH**. Здесь уже тогда разрабатывались технологии и оборудование для растущего рынка безоксидной высокоэффективной керамики. Из этого зерна со временем выросли остальные фирмы группы: **FCT Fine Ceramics Technologies** (1985 г.), **FCT Hartbearbeitungs GmbH** (1994 г.), **FCT Ingenieurkeramik GmbH** и **FCT Systeme GmbH** (обе основаны в 1996 г). Сначала компании занимались созданием эффективного высокотемпературного оборудования лабораторного и промышленного назначения, после чего добавились услуги по обработке керамических изделий, и наконец, была создана вся технологическая цепочка: от подготовки сырья до выпуска готовых изделий. Такой ход развития основан на стремлении предложить покупателям оборудования соответствующий инструментарий, создать опытное производство, и эффективно адаптировать промышленные установки для требуемой производительности по предполагаемому спектру изделий. Наличие соответствующего технологического оборудования и его систематическое усовершенствование постепенно привели к созданию керамического производства по чертежам заказчиков: сперва в рамках фирмы FCT Hartbearbeitungs GmbH, а затем – в отдельной компании FCT Ingenieurkeramik GmbH. В компании FCT Hartbearbeitung сперва основное место занимало производство изделий из SSiC, требующих значительной механической обработки. Затем, по мере роста спроса на крупногабаритные и сложнопрофильные изделия из SSiC и Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> обе фирмы приняли план развития и инвестиций в соответствующее оборудование. Сегодня эти компании способны предложить клиентам по всему миру сложнопрофильные или крупногабаритные изделия, изготовленные самостоятельно, или в сотрудничестве с партнерами.

Группа FCT, расположенная в г. Рауэнштайн, земля Тюрингия, ФРГ (полное юридическое название FCT Fine Ceramics Technologies H.U. Kessel), состоит из трех самостоятельных предприятий: FCT Hartbearbeitungs GmbH (руководитель *W. Martin*), FCT Ingenieurkeramik GmbH (руководитель *K. Berroth*) и компании FCT Systeme GmbH (руководитель *H. U. Kessel*). Продукция FCT Systeme GmbH (горячие прессы, SPS-установки и компрессионные печи, а также высокотемпературные печи для спекания в защитных атмосферах) ориентирована на потребности рынка, но компания тесно сотрудничает с родственными фирмами в разработке продукции. Благодаря, в том числе, такому тесному сотрудничеству, эти фирмы сумели завоевать репутацию на внутреннем и международном рынке как партнер в области технологий, производитель крупногабаритных и сложнопрофильных изделий из инженерной керамики, а также поставщик услуг по обработке давальческого сырья методами горячего прессования, спекания, холодного прессования и прецизионной обработки керамики и других сверхтвердых материалов.

## Научно-исследовательские разработки внутри группы

Высокоэффективная керамика позволяет решить связанные с материалами проблемы, а также разработать новые концепции и технологии в механическом и химическом промышленном оборудовании, в электротехнике и электронике, высокотемпературном и нагревательном оборудовании, а также в оптике и литейной промышленности. Выдающиеся свойства: стойкость к высоким температурам и коррозии, высокая прочность и жесткость, чистота и биосовместимость позволяют использовать такие материалы как карбид и нитрид кремния, диоксид циркония и их композиты в самых суровых условиях. Но одних только знаний о материале, дополненных четкими представлениями о требованиях к сырью, технологиях их подготовки и спекания, недостаточно для того, чтобы производить надежные и эффективные керамические изделия с приемлемыми

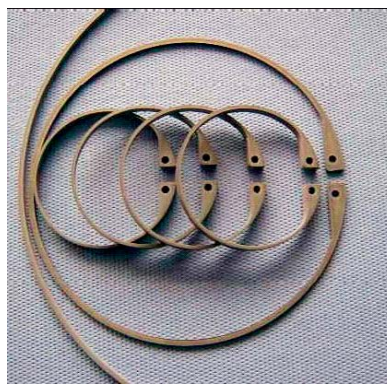
издержками. Необходимо выработать детальное «ноу-хау» по каждому из этапов технологической цепочки, что ведет к непрерывной оптимизации технологической надежности. Для изделий производства FCT не играют большой роли требования по вероятности отказа 1: 1 000 000, установленные в автомобильной и электронной промышленности, поскольку выпускаемые партии варьируются от штучных изделий/прототипов до ~500 единиц, но и в них недопустимы даже отдельные отказы. В частности, у крупногабаритных изделий с исключительно сложной геометрией и высочайшей точности от каждого прототипа требуется высокая функциональность и максимальная надежность, поскольку такие изделия часто встраиваются в дорогостоящее оборудование и должны работать в условиях высоких нагрузок.



**Рис.1** SPS-установка



**Рис.2** Нотационно-поршневой двигатель



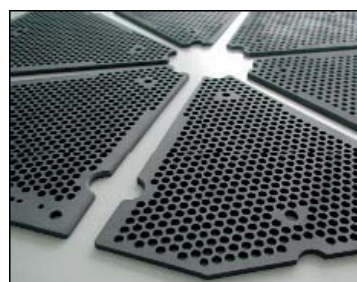
**Рис.3** Пружинные кольца (автозапчасти)



**Рис.4** Керамический шнек экструдера



**Рис.5** Цилиндрические валки для вальцовки металла



**Рис.6** Перфорированные поддоны

Из методов формования компания FCT активно использует одноосные и холодные изостатические прессы, шликерное литье и одноосное горячее прессование в инертном газе или вакууме, а также литье под давлением (в различных вариантах) и экструзию. Начиная операций подготовки суспензии или гранулята необходимо использовать новейшие знания и разработки, чтобы иметь возможность гарантировать однородность структуры, необходимую для надежности изделий и технологии в целом. Поскольку специальная продукция чаще всего изготавливается мелкими сериями, большое значение придается механической обработке изостатически или одноосно спрессованных заготовок, которые прессуются максимально точно в размер. Что касается точности, обработка соответствует стандартам прецизионного точения и фрезерования, т.е. например, добиться на отверстиях точности 0,05-0,2 мм, а при нарезке резьбы – такой пригонки, которая не требует обработки после спекания. В частности, на сырых заготовках успешно нарезается различная резьба от М3 до М40, без какой-либо механической обработки после спекания.

Для экономически эффективной обработки сырых заготовок необходима система утилизации снятой «сырой» стружки, поскольку с заготовок снимается от 20 до 85 % объема. Для повторного использования «стружки» её необходимо сортировать и собрать без внесения примесей, после чего направить на переработку. Используемые при этом временные связующие должны придавать заготовке высокую прочность и при этом гарантировать хорошую обрабатываемость, с щадящим воздействием на инструмент. При формовании и последующей механической обработке сырых заготовок необходимо придавать им максимально приближенную к конечной геометрию, с тем, чтобы после спекания дорогостоящей механической обработке подвергались только рабочие поверхности с очень строгими допусками или требованиями по шероховатости. Тем не менее, при производстве сложнопрофильных и высокоточных изделий все шире требуется механическая обработка, которая неизбежна при реализации строжайших, микронных допусков. В компании FCT освоены все необходимые технологии механической обработки: отрезание, плоское шлифование, наружное и внутреннее круглое шлифование, хонингование, доводка, полировка и профильное шлифование. Особую компетенцию компании представляет обработка крупногабаритных изделий с высотой до ~3000 мм и диаметром ок. 1000 мм. Исследуются и при необходимости используются и новые методы обработки, такие как ультразвуковое сверление и шлифование, двухкруговое шлифование и доводка, а также лазерное и водяное резание. Компании FCT Hartbearbeitungs GmbH и FCT Ingenieurkeramik GmbH тесно сотрудничают технологически, совместно используя и стратегически расширяя имеющийся парк специализированного оборудования.

Особенно важную роль в технологической цепочке играют процессы термообработки, поскольку путем подбора температур и атмосфер можно «настраивать» свойства материалов. Здесь особое место принадлежит компетенциям компании FCT Systeme GmbH. Как специалист в области построения высокотемпературного оборудования для работы в вакууме и защитных газах, в т.ч. компрессионных печей и горячих прессов, а также инновационных технологий горячего прессования (электроискровое спекание/SPS или спекание в электрическом поле/FAST) и установок для плавления и управляемой кристаллизации кремния (для фотоэлементов), эта компания не только создает специализированные технические решения для спекания, но и способна использовать совместный потенциал всей группы компаний для поиска альтернативных путей разработки оборудования. Так, при разработке прототипов можно создать в рамках группы печь новой конструкции, и протестировать, опробовать и оптимизировать её в полу-промышленных условиях.

Такая структура взаимодействия является инструментом максимально быстро выработки практических решений, которые оптимизируются на керамическом производстве FCT, а также создает новые возможности сбыта для производства оборудования.

### **Рост, связанный с инновациями в технологии и изделиях**

В связи с высокой стоимостью, современная керамика часто сталкивается с серьезными препятствиями при выходе на рынок. Группа компаний FCT старается путем разработки прототипов доказать, что высокая цена керамики оправдана её наглядными техническими преимуществами. Тем не менее, компания постоянно совершенствует технологию по техническим и экономическим параметрам, чтобы цена изделий не становилась единственным критерием выбора.

Рост группы говорит о том, что такой путь был избран правильно. Для дальнейшего роста компания FCT – Hartbearbeitungs GmbH в последний год перевела свой цех в г. Зоннеберг, что позволило увеличить площади с ~1000 м<sup>2</sup> до 1700 м<sup>2</sup>, хотя и этого расширения сейчас уже недостаточно. Переезд FCT Hartbearbeitungs GmbH и мелкой машиностроительной компании из производственных корпусов в Рауэнштайне освободил место для расширения фирмы FCT Ingenieurkeramik, но и этих 1000 м<sup>2</sup> сейчас уже мало.

Компания FCT Systeme GmbH переехала в созданный два года назад в Рауэнштайне основной корпус. Благодаря этому в старом трехэтажном производственном корпусе, где также располагается управление, освободилось место для фирмы FCT Ingenieurkeramik, но и там уже есть планы дополнительного расширения. Успех выбранного курса отражается не только на расширении площадей, но и на росте числа сотрудников. За последний год в группе FCT создано 30 новых рабочих мест, а число сотрудников выросло до 122, причем этот рост будет продолжаться. Этот рост сопровождается увеличением оборотов примерно на 16%. Инновации в сфере изделий и технологий отражаются и на постоянных инвестициях в собственное технологическое оборудование.

Для реализации уникального конкурентного преимущества по предложению узкоспециализированной продукции для некоторых технологий требуется высокая готовность к риску при принятии инвестиционных решений. Загрузка мощностей на текущий момент может составлять всего 10-20%. При этом существует возможность совместного использования оборудования родственными фирмами группы, что повышает процент загрузки. Тем не менее, бизнес-риски несет одна инвестирующая фирма. При выходе на рынок существует глубокое взаимопроникновение между новыми разработками и техническим маркетингом. Так, стандартно входящая в программу поставок продукция часто сбывается не только напрямую, но и через партнеров. Это верно, в частности, для продукции, которая используется в литейном оборудовании алюминиевой промышленности, где сбытовым партнером FCT Ingenieurkeramik GmbH в глобальном масштабе является компания *Drache*. Напрямую или через партнеров примерно 40% всех изделий направляется на экспорт, который играет большую роль и для оборудования для спекания – здесь доля экспорта составляет 50-70%, и может сильно колебаться от проекта к проекту.

### **Примеры инноваций в сфере продукции**

От планирования до сбыта, компания FCT Systeme GmbH предлагает не только высокотемпературное оборудование, но и готовые концепции производства с соответствующим «ноу-хау» - от подготовки сырья до готовой продукции. Для своего зарубежного партнера компания осуществила технологическую разработку процесса спекания фильтров макрочастиц для дизелей, что позволило получить комплексный заказ на поставку всей линии спекания.

В области выплавки кристаллов Si также осуществлялись интенсивные технологические инновационные разработки. Они также позволили осуществить поставку многочисленных установок для промышленности, выпускающей солнечные батареи, причем уже заявлены планы по заказу дополнительных единиц такого оборудования.

Активно развивается в ответ на запросы рынка и такая область как установки электроискрового спекания. За последние три года компания FCT Systeme добилась серьезного прогресса как в сфере разработки данного технологического оборудования, так и в создании промышленных установок. Достигнутый успех планомерно закрепляется и развивается. Эта технология вызывает большой интерес в индустрии порошковой металлургии, но тестировалась также и для керамических материалов.

Компания FCT – Hartbearbeitungs GmbH имеет богатый опыт в сфере износостойких изделий, особенно, в плане защиты измельчительного оборудования от износа, и производит соответствующие износостойкие изделия из карбида кремния и диоксида циркония, например, статоры и роторы для атриторов или каландровые валы диаметром до 400 мм и длиной до 1 м для приготовления пигментов или тонерных паст для электроники. Помимо мелкогабаритных прецизионных изделий, акцент все чаще делается на крупногабаритные, сложнопрофильные изделия, для производства которых в последние годы создан парк требуемого технологического оборудования. Особенно богат такими изделиями спектр продукции компании FCT Ingenieurkeramik GmbH: сюда входят изделия для оптики, литейного оборудования, испытательного и формовального

оборудования, а также для тепло- и электротехники. Так, несмотря на усадку ок.20% при спекании удалось изготовить крупногабаритный корпус из нитрида кремния для ИК-камеры с точностью  $\pm 0,2$  %. Использование такого материала оправдано его высокими свойствами: жесткость, длительная прочность, минимальное термическое расширение, усталостная долговечность и хорошая теплопроводность при малом весе. Хорошо зарекомендовал себя данный материал и в алюминиевой промышленности: чехлы термодар, трубки электролизеров, стаканы-дозаторы и проч. С точки зрения формовального оборудования нитрид кремния интересен для изготовления вальцовочного инструмента. Кроме собственно формовального инструмента из данного материала также изготавливаются различные износостойкие детали вальцовочного оборудования: направляющие ролики и шкивы разного размера и сложности.

### Перспективы

Благодаря принятой концепции разработки и оптимизации материалов и технологий в сотрудничестве с потенциальными клиентами, существует возможность адекватного учета и интеграции сведений, поступающих по обратной связи от клиентов. В наших разработках мы постоянно ориентируемся на конечного потребителя, что позволяет выходить на новые рынки.

Сочетание отдельных компетенций родственных компаний, которые на протяжении последних лет активно инвестируют в персонал и новейшее технологическое оборудование для выпуска крупногабаритных, сложнопрофильных и прецизионных изделий, позволяет группе FCT быть готовой к дальнейшему позитивному развитию в сфере высокоэффективной керамики.



**Рис.7** Изделия из SiC: ротор для атритора, корпус и шестерни для зубчатых насосов