

Статья опубликована на интернет-ресурсе *Metalworking News*, издаваемом южно-африканской компанией *BA Crawford Specialised Publications*, базирующейся в *Bryanston* (провинция Гаутенг).

Оригинал статьи на английском языке можно найти по адресу: <http://metalworkingnews.info/man-diesel-turbo-south-africa-invests-further-in-south-africa>

Компания *MAN Diesel & Turbo South Africa* продолжает инвестировать в *Mastercam*

©2015 *BA Crawford Specialised Publications*

Компания по производству компрессоров и лопастей турбин *MAN Diesel & Turbo South Africa* является дочерним предприятием европейской многонациональной корпорации *MAN Diesel & Turbo SE* (www.mandieselturbo.com), базирующейся в Аугсбурге (Германия), которая, в свою очередь, является одним из ведущих мировых поставщиков больших дизельных двигателей и турбомашин для морских судов и электростанций. Южноафриканская компания готовится плавно трансформироваться из локального производителя в Центр передового опыта производителей турбинных лопаток и лопастей, с одновременным выходом за пределы своей обычной сферы – на рынок генерации электроэнергии.

В 2004 году компания *MAN Turbo AG* (Оберхаузен, Германия) открыла, при содействии *Ferrostaal*, свой южно-африканский филиал. Инвестиции в производственные мощности были увязаны с обязательствами совместного производства и смещения инвестиций в направлении программы оборонного госзаказа. В то время *Ferrostaal* была компанией индустриальных услуг в *MAN Group* и являлась коммерческим партнером консорциума по строительству немецких подводных лодок, который поставил три подводные лодки *U-209* для нужд военно-морского флота ЮАР.

Пройдя через ряд поглощений и продаж, компания *MAN Turbo AG* превратилась в *MAN SE*. В 2009 году *International Petroleum Investment Company (IPIC)* из Абу-Даби приобрела более 70% акций *Ferrostaal AG* у концерна *MAN AG*. В марте 2012 года компания *MAN SE* продала оставшиеся акции *Ferrostaal*.

Местом дислокации южно-африканского завода является *Elandsfontein*, к востоку от Йоханнесбурга, около Ист-Рэнд (провинция Гаутенг). Характеристики производства: 3 000 м² производственных и офисных площадей, возможность подъема 30-тонных грузов, полный комплекс по производству, сервису и ремонту лопаток

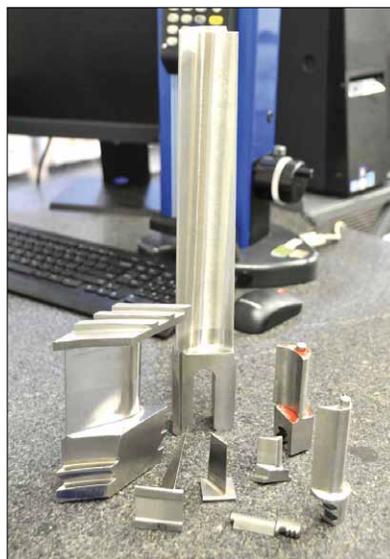


Последние десять лет компания *MAN Diesel & Turbo South Africa* демонстрировала рост за счет обслуживания морских компрессоров и паровых турбин *MAN*

и лопастей, пескоструйное и дробеструйное оборудование, нанесение покрытий напылением.

В те времена, рассказывает *Rico Taxer*, управляющий директор *MAN Turbo South Africa*, годовой объем экспорта лопастей оценивался величиной порядка 40 млн. южно-африканских рандов. Долгосрочная стратегия директора заключалась в увеличении экспорта и расширении штата. Цель, определенно, была достигнута.

В 2004 году, когда компания была открыта, установка нового 5-осевого обрабатывающего центра *Deckel Maho DMU-100T*, предназначенного для обработки лопастей из титановых и других сплавов, стала гордостью сотрудников и радовала современными возможностями. В комплекте станка шло специальное программное обеспечение для обработки лопастей. Его возможности, в сочетании с наличием управляемой поворотной головки (ось *B*), позволяли поддерживать постоянную скорость обработки поверхности, сократить продолжительность цикла обработки и увеличить срок службы инструмента.



MAN Diesel & Turbo South Africa производит лопатки различного назначения

Из других особенностей этого станка можно отметить наличие лазерной системы измерения инструмента, инфракрасный измерительный зонд *Renishaw* и систему минимальной смазки.

Универсальность станков *Deckel Maho T-Series* в сочетании с гибкостью позволяют выполнять сложную обработку различных компонентов, включая большие импеллеры и другие компоненты, которые используются в турбинах для авиакосмической, судостроительной и связанных с ними отраслей. Станок был заказан у компании *Retecon Machine Tools*.

Успешность внедрения этого станка, а также рост местного бизнеса и экспорта, побудили *MAN Diesel & Turbo South Africa* инвестировать в еще три обрабатывающих центра *Deckel Maho*, два обрабатывающих центра *Heller* и два обрабатывающих центра *Dah Li*. В дальнейшем был куплен обрабатывающий центр *Leadwell* (все – с ЧПУ).



Обработка лопастей для авиационных двигателей и турбин электростанций

Ежедневно на производстве обрабатывается порядка 150-ти лопастей, которые используются в новых или ремонтируемых компрессорах и турбинах. Кроме того, приходится обрабатывать и разделители, если таковые имеются.

Обработка ведется со скоростью вращения шпинделя 12 000 об/мин, все лопасти изготавливаются из цельных блоков. Размер изготавливаемых лопастей – до 700 мм в длину.

Процесс начинается с заготовительного участка, где импортированный материал нарезается по размеру, а затем начерно обрабатывается на обычных фрезерных станках. Далее заготовки подаются на высокотехнологичное оборудование, на котором каждая лопасть обрабатывается с точностью 20 микрон, а затем – на контроль и полировку.

Готовые лопасти либо возвращаются в материнскую компанию в Германию, либо находят применение на месте – в сборках осевых и центробежных компрессоров, газовых и паровых турбин, которые используются для производства электроэнергии, на нефтеперегонных заводах, для поддува печей и в отжимных прессах для сахарного тростника.

Компания также инвестировала средства в приобретение координатно-измерительной машины *DEA 3D Global* и другого инспекционного оборудования.

Сегодня *MAN Diesel & Turbo South Africa* может брать заказы со стороны, включая восстановление больших компрессоров и турбин, и выполнять их на своем производстве. Для этих операций служит отремонтированный токарный станок с ЧПУ *Heyligenstaedt*, полученный от материнской компании.

Также от материнской компании был получен и отремонтирован 5-осевой обрабатывающий центр



На производстве MAN Diesel & Turbo South Africa освоили технологию восстановления турбин на основе лазерной наплавки



Размер используемых заготовок определяется возможностями ленточной пилы колонного типа Everising-H560 HA, поставляемой компанией First Cut



Компания MAN Diesel & Turbo South Africa инвестировала в обрабатывающие центры Deckel Maho, Heller, Dah Li и Leadwell



В дальнейшем капитал инвестировался в усиление департамента качества, включая приобретение 7-осевого измерительного манипулятора Romer. Присматривают за этим отделом Bryan Hollingshead и Derek West

с ЧПУ *Starrag*, который имеет пять шпинделей и пять головок. Этот станок применяется для обработки профилей лопастей и области перехода.

Теперь компания в общей сложности имеет четырнадцать 3-, 4- и 5-осевых станков с ЧПУ.

Такое развитие означало необходимость для компании держать на уровне свое конструкторское бюро, которое занимается, в основном, проектированием заменяемых компонентов ремонтируемых изделий и интерпретацией поступающих из Германии чертежей.

Производство компонентов турбин и запасных частей

За последние годы компания создала преуспевающее производство компонентов турбин и запасных частей. Заказы на детали и запасные



Новый гравировальный лазер Technifor служит для маркировки и трассировки

части поступают от бурно развивающихся в ЮАР отрасли генерации электроэнергии и химической промышленности – либо непосредственно от заказчиков, либо от подразделения *MAN PrimeServ*, которое управляет местными операциями.

Длина изготавливаемых деталей варьируется от 25 до 1200 мм. Объемы заказов – от нескольких штук до нескольких тысяч (или просто – для замены всех компонентов массивной паровой или газовой турбины, которой необходим капитальный ремонт). Возраст оборудования, которое нуждается в ремонте или переделке, может насчитывать десятки лет. Таким образом, часто бывает так, что чертежей, по которым можно работать, уже не найти. Вот в таких условиях компании и приходится работать изо дня в день.

Как отмечает **Charles Swart**, руководитель производства компонентов турбин, компания научилась справляться со всем многообразием проблем за счет серьезного инвестирования в лучшую из существующих технологий производства с применением ЧПУ.

“Производительность оборудования обеспечивается продвинутыми возможностями CAD/CAM-системы Mastercam. Подготовкой управляющих программ занимаюсь я сам и еще один технолог-программист на полной ставке. Я подсчитал, что объем проходящей через меня работы за последние пять лет увеличился примерно на 40%. Тем не менее, мы смогли соответствовать всё возрастающим требованиям по выпуску УП, опираясь на гибкий CAM-функционал системы, который позволяет постоянно повышать производительность – как при программировании обработки, так и при



Недавно в цехе MAN Diesel & Turbo South Africa было установлено устройство предварительной наладки инструментов DMG, которое поставила компания Retecon Machine Tools



Новый станок Liechti Turbomill позволяет обрабатывать лопасти длиной до 1350 мм, что является большим достижением. Для сравнения: длина лопастей турбин АЭС Koeberg в Western Cape – только 1280 мм

изготовлении деталей на станке с ЧПУ”, – поясняет г-н *Swart*.

Всё базируется на 3D-модели

Как рассказал *Charles Swart*, уровень профессионализма инженерного департамента в том, что касается реверсного инжиниринга изношенных или поврежденных компонентов турбин, исключительно высок. Данные 3D-сканирования берутся за основу для создания моделей *SOLIDWORKS*, которые затем импортируются в *Mastercam* и служат отправной точкой для подготовки УП. Трехмерные модели хранятся на сервере в формате *IGES* или *Parasolid*. При этом в среде *Mastercam* 3D-модели переносятся без каких-либо проблем или ошибок, так что дискуссии с инженерами относительно конструкторского замысла по ним не возникают. Всё это экономит много времени и сил.

С прицелом на то, чтобы преобразование исходных 3D-моделей в эффективные управляющие программы средствами *Mastercam* шло максимально быстро, *Charles Swart* стандартизировал процесс подготовки моделей, формирования и верификации УП, так что теперь каждый всегда



Charles Swart – руководитель производства MAN Diesel & Turbo South Africa



Помимо изготовления и восстановления лопаток, компания MAN Diesel & Turbo South Africa способна восстанавливать целые системы

понимает, что сделал другой. Такой подход обеспечивает эффективность процесса создания УП, высокий коэффициент использования оборудования и дает на выходе производительные машинные циклы с минимальными отходами и без брака.

Вот некоторые из принципов, которые приняты в компании *MAN Diesel & Turbo* для ускорения рабочего процесса подготовки в *Mastercam* управляющих программ:

✓ Использование готовых траекторий для деталей с похожей геометрией

На сервере компании хранятся сотни файлов управляющих программ, которые можно использовать как руководство для программирования деталей с похожей геометрией. Траектории инструментов и остальные производственные стратегии готовы для переноса из имеющихся УП в новые.

✓ Использование стандартных зажимных приспособлений

При написании большинства управляющих программ в *MAN Diesel & Turbo* используются импортированные 3D-модели стандартного крепежа, что позволяет еще на стадии программирования обработки проверять траектории средствами *Mastercam* на наличие столкновений и избегать их. Детали, ожидающие в очереди на обработку, заранее устанавливаются в крепежные приспособления, поэтому от снятия обработанной детали до начала обработки новой проходят считанные минуты. Эффективная установка деталей значительно повысила производительность оборудования (а также и нагрузку на технологов-программистов, которым приходится поспевать за повышением производительности оборудования).

✓ Использование библиотек инструментов

Более чем в 95% случаях для изготовления лопастей применяются одни и те же, специально предназначенные для этого материалы. Таким образом, целесообразно использовать возможности библиотек инструментов. В библиотеке записаны опробованные и подтвержденные скорости и подачи, рассчитанные для определенных инструментов. Сохранение актуальной информации в библиотеке означает, что эту информацию всегда можно быстро ввести в УП – вместо того, чтобы использовать сложные формулы для расчета лучших режимов.

✓ УП корректируются только средствами *Mastercam*

В случае, когда инженеры хотят внести в УП простые коррективы или при отладке в цехе, всегда существует соблазн изменить управляющий код прямо на стойке ЧПУ. Но в компании *MAN Diesel & Turbo* не поддаются такому искушению.

Все изменения всегда делаются только средствами *Mastercam*, поэтому правильные траектории можно постпроцессировать для любого станка, имеющегося в цехе. Если же УП корректируется на станке, то и использовать её можно только на этом станке.

✓ **Предварительная инспекция процессов и деталей, симуляция обработки, STL-сравнение**

Чтобы проверить траектории на предмет столкновений инструмента с заготовкой и частями станка, а также визуально убедиться, что материал снимается так, как надо, используется функционал симуляции *Mastercam*. Кроме того, можно сравнить *STL*-файл [детали после симуляции обработки], сгенерированный в *Mastercam*, с оригинальной *3D*-моделью детали. Такое сравнение с высоким разрешением выполняется настолько реалистично, что можно визуально определить возможные огрехи на поверхности детали, просто взглянув на её изображение на экране компьютера.

✓ **Исключение “фрезерования воздуха”**

Траектории инструментов могут содержать фрагменты с “фрезерованием воздуха” (*air cutting*) – то есть перемещения инструмента по воздуху на рабочих режимах. Причин этому может быть несколько – например, предположение о наличии материала там, где его фактически нет. В случае, когда надо изготовить всего лишь одну-две детали, это не является такой уж серьезной проблемой. Но на больших партиях неэффективные фрагменты траекторий могут заметно понизить производительность цеха. Графические средства *Mastercam* позволяют легко определить такие области и исключить их.

✓ **Обращение в службу поддержки *Mastercam* в сложных случаях**

Компания заключила договор о платной технической поддержке (*maintenance*), что предоставляет право на бесплатное обновление *Mastercam* и техническую поддержку по мере необходимости от компании *Mecad Systems* – локального реселлера *Mastercam*. В большинстве случаев уже через несколько часов после обращения за поддержкой технологи-программисты получают ответы с решением проблемы – по телефону или по электронной почте.

Кроме того, компания *Mecad* сотрудничает с *MAN* для решения

более сложных технических вопросов. Например, специалисты *Mecad* помогли разработать процесс 5-осевой обработки длинных, сильно изогнутых лопастей, для которых нужны длинные инструменты, способные дотянуться до глубоко расположенных поверхностей. Уникальные перемещения, генерируемые системой *Mastercam*, улучшают подвод инструмента, минимизируют вибрацию и обеспечивают высокий уровень производительности без ущерба для качества.

“Для нас этот проект стал большим успехом”, – считает *Charles Swart*.

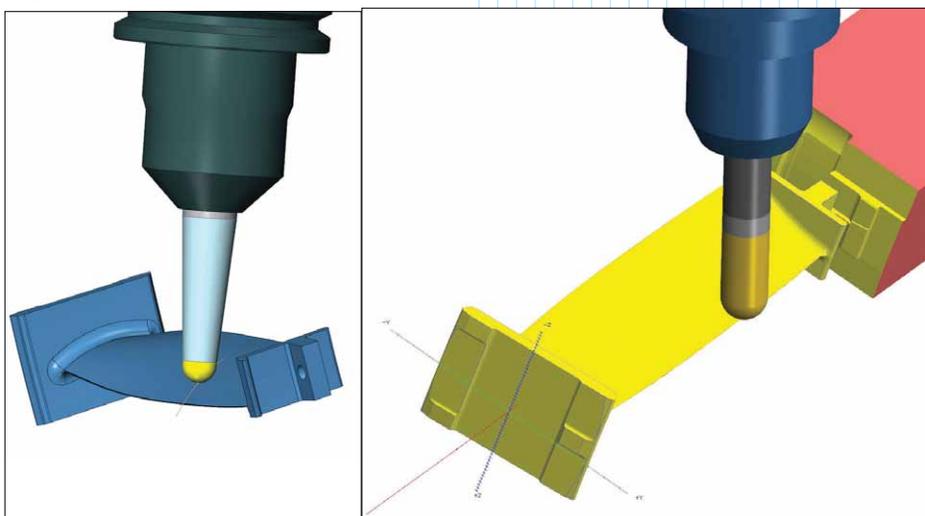
Рост за счет поглощения

В ноябре 2013 года компания заключила договор о приобретении 100% акций семейного предприятия *Elca Engineering (Pty) Ltd*.

Доктор **René Umlauf**, исполняющий обязанности генерального директора *MAN Diesel & Turbo SE*, сказал тогда следующее: “Это приобретение выражает нашу стратегию роста в Африке и позволяет нам предлагать еще более широкий спектр сервисов в регионе южнее Сахары”.

Благодаря своей сильной клиентской базе, прекрасной репутации и более чем 45-летнему опыту, компания *Elca Engineering* продолжит обслуживать клиентов под своим признанным брендом. В основном, *Elca Engineering* предлагает ремонт, восстановление и техническое обслуживание компрессоров, турбин, вентиляторов и насосов силами своей хорошо известной инженерной команды для обслуживания на площадке заказчика, имеющей опыт работы по всему африканскому континенту.

Сегодня компания *MAN Diesel & Turbo South Africa* готовится к продолжению роста и дальнейшему инвестированию в производство лопастей турбин. В ожидании повышения спроса она наращивает свои производственные



В своей работе компания MAN Diesel & Turbo South Africa полагается на CAD/CAM-систему Mastercam

возможности, добавляя передовые технологии обработки резанием.

Холдинговая компания *MAN Diesel & Turbo SE* приняла решение инвестировать в южно-африканскую компанию, чтобы поддерживать изготовление лопастей в трех местах – в Южной Африке, Цюрихе (Швейцария) и Оберхаузене (Германия).

“Мы гордимся тем, что в наше производство в Южной Африке делаются такие большие инвестиции, и что оно рассматривается на мировом уровне. Это повлечет за собой создание Центра передового опыта в *Elandsfontein*, провинция Гаутенг, чем мы сейчас и занимаемся”, – сказал **Gary Muller**, менеджер *MAN Diesel & Turbo South Africa* по продажам и операциям.

“В последние десять лет компания *MAN Diesel & Turbo South Africa* видит прогрессирующий рост рынка морских компрессоров, паровых турбин и расширителей. Для продолжения нашего роста в отрасли производства лопастей и для получения большей рыночной доли, мы постоянно изучаем новые технологии и способы их применения для изготовления своих изделий. Мы ищем инновационные функции ПО и процессы, которые повысят качество, уменьшат время поставки и увеличат гибкость нашего производства”, – продолжил г-н *Muller*.

“Вместе с ростом наших рыночных сегментов, изменяются и требования заказчиков. Мы видим необходимость наращивания своих возможностей и, одновременно, необходимость уменьшения затрат для того, чтобы успешно двигаться вперед”, – поясняет г-н *Muller*.

Новый производственный объект площадью 3 500 м²

Помимо нового производства площадью 3 500 м², которое строится рядом с нынешним зданием, компания инвестировала в высокотехнологичный токарно-фрезерный обрабатывающий центр *Liechti Turbomill 1400g*. Станок прибыл в декабре 2014 года и был введен в эксплуатацию для нового цикла производства в январе 2015 года.

Turbomill – это одношпиндельный 5-осевой обрабатывающий центр для высокоточной обработки с большими подачами. Он используется для черновой и чистовой обработки сложных поверхностей, как это требуется для производства лопастей. Станок обладает весьма примечательными возможностями. Высокоскоростной фрезерный шпиндель с интегрированным двигателем с векторным управлением позволяет создавать большой крутящий момент для черновой обработки с малой скоростью шпинделя, а также вести чистовую обработку с высокими скоростями вращения шпинделя и подачи. Уникальное группирование осей учитывает разницу динамических требований для разных осей по

распределению масс, поэтому у более динамичных осей масса меньше. Крутящий момент обеспечивается отдельным двигателем, который синхронизируется контроллером ЧПУ с основным двигателем привода.

Партнерство с компанией *Liechti Engineering*, которая теперь называется *GF Machining Solutions*, поможет компании *MAN Diesel & Turbo South Africa* достичь своих целей и целей её заказчиков. Опыт и знания специалистов с заводов в Цюрихе и Оберхаузене помогут в организации Центра передового опыта.

Предполагается, что новое производство пополнится еще двумя 5-осевыми обрабатывающими центрами, что даст возможность изготавливать порядка 300 тонн лопастей ежегодно. В настоящий момент производится половина от этой величины.

Дополнительное оборудование

Компания вкладывает средства и в другие операции производства лопастей. Так, были приобретены 7-осевой измерительный манипулятор *Romer*, устройство предварительной установки инструмента *DMG* и лазерный гравер для маркировки и трассировки.

Еще одно захватывающее приобретение – 3D-принтер, на котором можно напечатать образец за три-четыре часа. Прежде на поставку клиенту образца требовалось не меньше недели.

Выход за пределы обычных рынков

Еще один аспект развития компании касается попытки частично выйти за рамки её обычных рынков – в сектор [оборудования для] генерации электроэнергии. Для этого компания первым делом должна убедиться, что у нее имеются соответствующие производственные возможности. Специалисты *MAN Diesel & Turbo South Africa* убеждены, что обрабатывающий центр *Turbomill* для деталей с максимальной длиной 1350 мм поможет обслужить клиентов этого рынка.

Новый станок *Liechti Turbomill* позволяет обрабатывать лопасти длиной до 1350 мм, что является большим преимуществом. Для сравнения, лопасти, которые используются в турбинах АЭС *Koeberg* в провинции *Western Cape*, имеют длину только 1 280 мм.

После внедрения станка заметно увеличилась производительность: продолжительность обработки сократилась более чем на 60%. Компоненты, которые прежде обрабатывались 40 минут, теперь изготавливаются за 15 минут.

Сегодня на компанию работают примерно 140 человек в *Elandsfontein*, 150 – в городе Вандербийлпарк (*Vanderbijlpark*), где базируется *Elca Engineering*, 40 – в Кейптауне и еще 10 – в городе Дурбан. Кроме того, есть отделение в Кении, а в скором будущем откроется отделение в Намибии. ☺