

УДК 629.562 : 621.83.061.1

**Ю.А. Корнейчук**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ В КНР**

*Основная часть промыслового флота России ремонтируется в КНР и Южной Корее. Судоремонтные заводы Дальнего Востока России теряют производственные мощности и опытных специалистов. Приведены технологии ремонта судового дизеля Sulzer ZL40/48 на верфи КНР. Основное внимание отводится оборудованию.*

**Ключевые слова:** технологии ремонта судовых дизелей, станок протачивания шатунной шейки, машинка протачивания седел клапанов, нутромер, раскеномер, цуп.

**Yu.A. Korneychuk****MARINE DIESEL ENGINE REPAIR TECHNOLOGIES  
IN THE PEOPLES REPUBLIC OF CHINA**

*The basic part of fishing fleet of Russia is under repair in the Peoples Republic of China and South Korea. Ship-repair factories of the Far East of Russia lose capacities and skilled experts. Some technologies of Sulzer ZL40/48 marine engine repair on the shipyard of the Peoples Republic of China are resulted in the article. The basic attention is taken away to the equipment.*

**Key words:** marine diesel engine repair technologies, crank pin grinding machine, Valve Seat Grinder, inside micrometer, crankshaft gauge, feeler.

Суда промыслового флота все чаще ремонтируются в Республике Корея и КНР. Этому способствует решимость властей и бизнес-элиты этих стран постоянно наращивать объемы судостроения и судоремонта. Рассмотрим возможности судоремонта на примере Korea Trading and Industries Co., Ltd. (КТИ) – одной из лидирующих компаний на рынке судоремонта и судового снабжения на Дальнем Востоке России и в Юго-Восточной Азии.

Компания КТИ создала международную корпоративную сеть, объединяющую опыт судоремонта России, передовые технологии Кореи, богатые трудовые ресурсы и оперативность судовой верфей Китая. За годы своей работы КТИ организовала ремонт сотен судов и завоевала известность и признание у судовладельцев Приморского и Хабаровского краев, Камчатки и Сахалина, Магаданской области и Курил. Залогом успеха КТИ являются ответственность, оперативность и разумное ценообразование.

Представительства КТИ работают на каждой судоремонтной верфи, с которой сотрудничает КТИ. Квалифицированная и опытная команда менеджеров контролирует весь цикл проведения ремонтных работ судна с момента размещения заявки на судовой верфь и до момента приемки судна после окончания ремонта, осуществляя постоянный надзор за качеством проводимых работ и обеспечивая взаимодействие судовладельца и верфи для выполнения всех требований и пожеланий клиентов. Этим обеспечивается контроль и гарантия качества.

КТИ предлагает комплексный сервис, включающий услуги судоремонта, судового снабжения и агентирования, предоставляя судовладельцам новые дополнительные возможности. Все подразделения корпоративной сети КТИ связаны общей информационной инфраструктурой и обладают отлаженной системой взаимодействия, позволяющей оперативно удовлетворять пожелания клиентов.

КТІ объединяет мощные современные судоремонтные верфи в Китае и Республике Корея, предоставляющие возможность выполнения любых видов ремонта, а также модернизации и переоборудования различных типов судов добывающего и торгового флота.

Приведем опыт ремонта на верфи КНР главного дизеля фирмы Sulzer ZL40/48 большого морозильного рыболовного траулера (БМРТ) проекта В407 польской постройки.

В случае значительных повреждений коленчатого вала и фундаментной рамы среднеоборотного дизеля (СОД) их приходится демонтировать прямо в машинном отделении. Остов подвешивают на тросах. Фундаментную раму поднимают на палубу (рис. 1) и транспортируют в цех судоремонтного завода. Операция опасная и трудоемкая.

Если есть возможность восстановить коленчатый вал на месте, то используются различные устройства и технологии. В судоремонте все шире применяется обработка абразивными кругами и брусками. На рис. 2 показана работа по протачиванию шатунных шеек в картере дизеля.

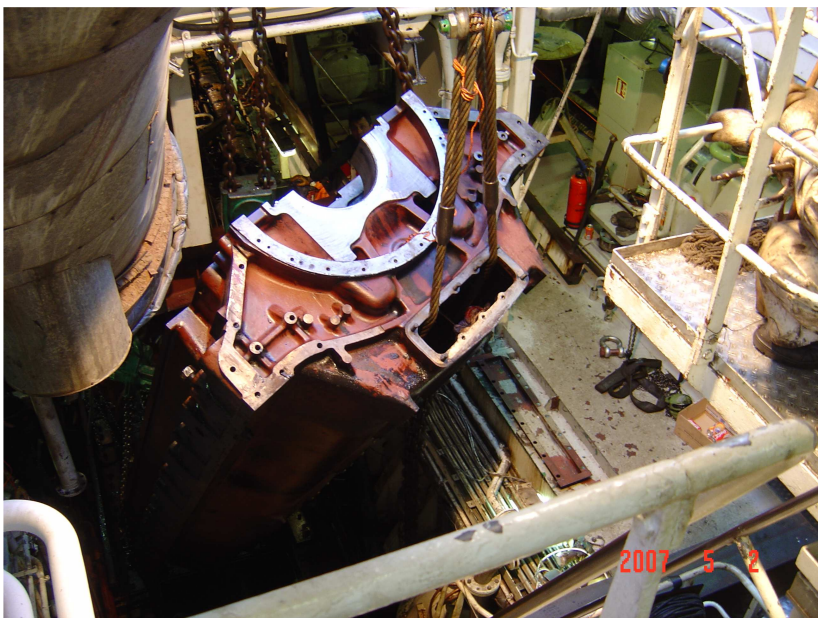


Рис. 1. Демонтаж  
фундаментной рамы дизеля  
Fig. 1. Dismantle of a diesel  
engine base frame



Рис. 2. Станок  
для протачивания  
шатунной шейки  
Fig. 2. A crank pin grinding  
machine

Струбцина устройства скользит по направляющим, роль которых играют галтели шатунной шейки. Очень важно, чтобы они не были повреждены, иначе применить данную технологию невозможно. На струбцине размещен абразивный круг, плоскость вращения которого совпадает с образующей шатунной шейки. Возвратно-поступательное перемещение струбцины в пределах сектора окружности шейки осуществляется двумя роликовыми цепями. Ведомые звездочки закреплены на струбцине. На рис. 2 можно различить контур вращающегося абразивного круга и искры от него. Для снижения разлета абразивных частиц рабочее место ограждено гофрированным картоном и ветошью.

Затем следует процесс шлифования шатунной шейки (рис. 3).

В гнезда крышки впрессованы седла двух впускных и двух выпускных клапанов. Центральное отверстие предусмотрено под форсунку, левое – для пускового и правое – для предохранительного клапанов. Если в результате дефектоскопии и визуального контроля установлено повреждение седла в виде микротрещин и ямок, его меняют на новое. Применяют два способа его выпрессовки из гнезда. Нагрев седла до малинового цвета в двух противоположных точках. После снижения температуры на 50 °С его выбивают небольшим усилием. Второй способ состоит в изготовлении оправки из старого проточенного клапана. Его прихватывают сваркой к седлу и наносят удар по штоку клапана.

Цветная дефектоскопия позволяет выявить трещины на поверхности цилиндровой крышки (рис. 4).

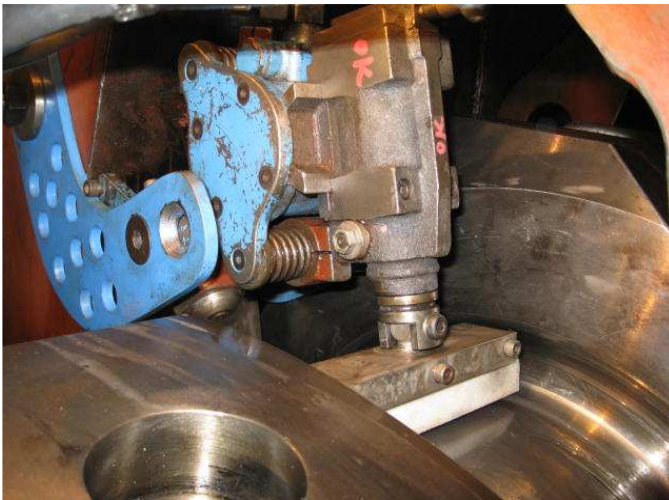


Рис. 3. Станок для шлифования шатунной шейки  
Fig. 3. A crank pin grinding machine

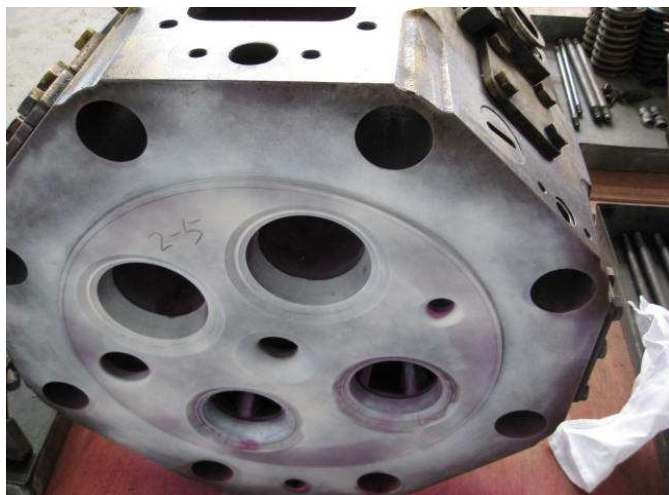


Рис. 4. Цилиндровая крышка дизеля Sulzer ZL40/48  
Fig. 4. Sulzer ZL40/48 diesel engine cylinder cover

**Выпускные клапаны.** Поврежденные участки тарелок шпинделей выпускных клапанов и их гнезд подготавливаются для наплавки путем ручной шлифовки и дефектуются методом проникающего красителя. Обычные клапаны из нержавеющей стали восстанавливаются наплавкой аналогичного материала, а клапаны из нимоника наплавляются никелевыми сплавами. Изношенный слой стеллита удаляется токарной обработкой до полного исчезновения трещин, после чего опять проводится цветная дефектоскопия. Новое углубление для стеллита наплавляется нержавеющей сталью и механически обрабатывается для автоматизированной плазменной наплавки [1]. После этого опять производится цветная дефектоскопия. После наплавки стеллита следует окончательная механическая обработка и шлифовка уплотнительных поверхностей до стандартных требований фирмы-изготовителя.

Стеллит как дорогостоящий сплав обеспечивает необходимые свойства рабочих поверхностей выпускных клапанов, повышая сопротивляемость износу, тепловым нагрузкам и коррозии. Однако эти свойства снижаются, если происходит разбавление в стеллите некоторого количества основного металла. Поэтому крайне важно наплавлять стеллит в строго контролируемых условиях. Во избежание ошибок, связанных с человеческой реакцией, контроль за процессом наплавки должен выполняться автоматически и не зависеть только от умения оператора [1].

Плазменная наплавка применима к сплавам с температурой плавления от 1000-1900 °С. Имеется возможность ее автоматизации, однако капитальные вложения для ее внедрения велики. Плазменная дуга устанавливается между катодом и наплавляемой деталью. Плазменным газом являются обычно чистый аргон, а высокотемпературный осаждаемый слой поддерживается с помощью смеси аргона и водорода. Запуск и остановка осуществляются электронными средствами. Ими же осуществляется регулирование подачи порошка, давление газов, силы тока и скорости вращения [1].

Преимущества газопламенного напыления – гладкий осаждаемый слой без признаков окисления и пористости включений применимы также и к плазменной наплавке. Однако в последнем случае нет необходимости в процессе оплавления. Количество потребляемого материала меньше, поскольку меньше избыточное распыление. Величина разбавления очень мала, плотность наплавки велика, а осаждаемый слой полностью однороден. Объем подводимого к основному материалу тепла минимален.

Абразивная обработка рабочей поверхностей тарелки клапана (рис. 5) и седла (рис. 6) способствует созданию микрорельефа пористой структуры для облегчения создания местного наклепа во время притирки клапана.

Посадочную поверхность клапана можно обработать на станке (рис. 5).

На рис. 6 показан шведский станок Valve Seat Grinder с пневмоприводом для обработки седел клапанов в гнездах цилиндрической крышки абразивным камнем специальной формы. Перед обтачиванием станок следует центрировать с гнездом клапана.

Окончательная притирка впускных и выпускных клапанов производится с помощью простого распределения (рис. 7).

Основные дефекты цилиндрического блока — трещины в верхнем посадочном поясе и коррозионные разрушения во всех посадочных поясах.

Наличие трещин в верхнем посадочном поясе выявляют цветной дефектоскопией. Трещины и коррозию посадочного пояса устраняют тремя способами:

- наплавкой и расточкой на первоначальный размер (рис. 8);
- расточкой пояса, изготовлением стального кольца и запрессовкой его в блок на эпоксидном компаунде без наполнителя;
- восстановлением всех поясов с применением эпоксидных смол [2].

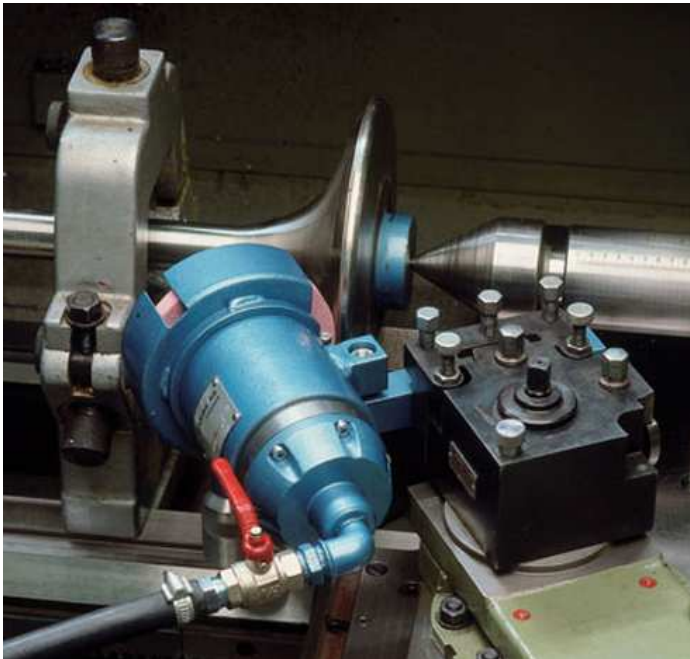


Рис. 5. Протачивание клапана  
Fig. 5. Valve grinding



Рис. 6. Машинка для протачивания  
седел клапанов  
Fig. 6. Valve Seat Grinder



Рис. 7. Приспособление для притирки  
клапана двигателя  
Fig. 7. The adaptation for grinding in of the  
valve of the engine

Наиболее характерными дефектами цилиндрических втулок являются износ, коррозия рабочей поверхности, риски и задиры на ней; износ и коррозия посадочных поясков. В цилиндрических втулках часто наблюдается эрозия поверхности, омываемой водой (рис. 9).

Износ втулок по длине и диаметру неодинаков. Максимальный износ наблюдается в месте прилегания верхнего компрессионного кольца при положении поршня в верхней мертвой точке. Форма изношенной втулки по высоте приближается к неправильному конусу, а по диаметру – к овалу. Величину износа втулки измеряют индикатором-нутромером (рис. 10).



Рис. 8. Проточка верхнего посадочного пояса цилиндрического блока дизеля Sulzer ZL40/48  
Fig. 8. Sulzer ZL40/48 diesel engine cylinder block top landing belt grinding

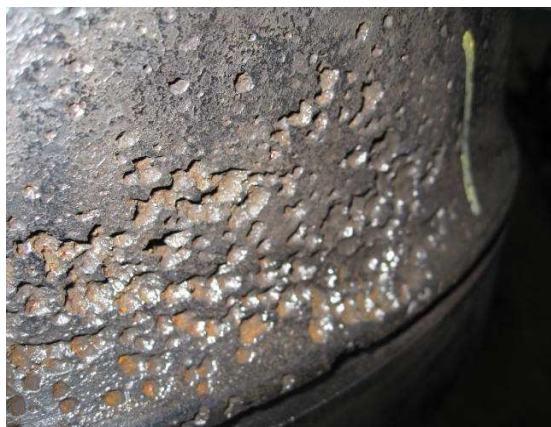


Рис. 9. Эрозионное разрушение поверхности втулки в местах водяного охлаждения  
Fig. 9. Cylinder liner surface erosive destruction from water side



Рис. 10. Измерение нутромером изнашивания втулки по внутреннему диаметру  
Fig. 10. Cylinder liner wear measurement with inside micrometer

Расточку втулок производят на стационарном вертикально-расточном станке, переносном расточном станке или токарном станке со специальным приспособлением. Если у дизелей предусмотрены ремонтные размеры поршней, расточку производят до ближайшего ремонтного размера, оставив припуск на хонингование 0,1-0,2 мм.

Хонингование втулок производят на вертикальных хонинговальных станках, а если их нет – на вертикально-сверлильных станках, у которых возвратно-поступательное движение осуществляется вручную. Абразивные бруски закрепляют в специальной хонинговальной головке. Головка шарнирно соединяется со шпинделем станка и получает от него вращательное и возвратно-поступательное движение (рис. 11).

Зернистость абразивных брусков при предварительном хонинговании 120-280, а при окончательном – 300-400. Твердость брусков выбирают в зависимости от твердости обрабатываемой втулки. Центрирование втулки осуществляется непосредственно самой хонинговальной головкой. Риски располагаются под углом  $60^\circ$  (рис. 12).



Рис. 11. Устройство хонингования  
цилиндрической втулки  
Fig. 11. The cylinder bore honing machine



Рис. 12. Цилиндрическая втулка  
после хонингования  
Fig. 12. The cylinder bore honed

Хонингование ведут при непрерывной и обильной подаче внутрь цилиндров охлаждающей жидкости, которая охлаждает деталь и смывает стружку. При износе и недопустимой коррозии посадочных поясков втулки шлифуют под ремонтный размер, наращивают слой металла железнением или хромированием, а затем шлифуют под номинальный размер. При восстановлении втулок, идущих в запас, наружный диаметр всех посадочных поясков наращивают на 1,5-2 мм с тем, чтобы после выпрессовки старой втулки и исправления посадочных отверстий в блоке окончательно обработать пояски с учетом нужного зазора.

**Ремонт составных поршней СОД.** Большинство конструктивных решений СОД включает алюминиевые поршни с литыми чугунными или из другого материала вставками типа «ALFIN» под одно или два верхних кольца (тандемные вставки) или составные поршни со стальными головками и алюминиевыми юбками. Восстановление стальных головок

поршней СОД и вставок типа «ALFIN» путем хромирования верхних и нижних торцев в основном аналогично восстановлению головок поршней МОД. В случаях когда конструкцией поршня хромовые покрытия уже предусмотрены в соответствии с начальными техническими условиями, например, дизели «Зульцер» типа Z40, при восстановлении эти покрытия снимаются шлифовкой и наносятся заново по технологии фирмы DMI.

Обычно общий износ канавок головок поршней СОД составляет менее 0,8 мм. При этом восстановление производится путем нанесения слоя хрома на верхние и нижние поверхности с последующим финишным шлифованием.

После приемки и осмотра алюминиевые поршни подвергаются цветной дефектоскопии. Отверстия под поршневой палец обмеряются и дефектуются. Зона канавок подвергается предварительной механической обработке, а затем восстановлению наплавкой в среде инертного газа автоматизированным сварочным процессом MIG. Трещины на внешних поверхностях поршня зашлифовываются с использованием ручных инструментов, завариваются и вновь зашлифовываются.

На рис. 13-15 показаны операции восстановления головки поршня: наплавка, протачивание, защита поверхности и гальваническая обработка головки поршня.



Рис. 13. Наплавка головки поршня  
Fig. 13. Piston crown building-up



Рис. 14. Протачивание головки поршня  
Fig. 14. Turning down of a piston crown



Рис. 15. Гальваническая обработка  
головки поршня  
Fig. 15. Piston crown electroplating



Для проверки герметичности прилегания головки поршня к юбке поршень опускают в контейнер с дизельным топливом и в полость охлаждения подают сжатый воздух (рис. 16). Отсутствие пузырьков свидетельствует о герметичности соединения.

**Статическая балансировка дисков и роторов.** Статическая балансировка – процесс совмещения центра тяжести детали с ее геометрической осью вращения. Определяется и уменьшается главный вектор дисбалансов ротора, характеризующий его статическую неуравновешенность. Дисбаланс – векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы на ее эксцентриситет. Дисбаланс полностью определяется значением и углом. Устройство для статической балансировки турбины показано на рис. 17.



Рис. 16. Испытание герметичности поршня  
Fig. 16. Piston tightness test



Рис. 17. Статическая балансировка турбины  
Fig. 17. Static balancing of the turbine

**Динамическая балансировка** – это балансировка, при которой определяются и уменьшаются дисбалансы ротора, характеризующие его динамическую неуравновешенность.

При динамической балансировке все массы ротора приводятся к двум массам, лежащим в одной диаметральной плоскости, но по разные стороны от оси вращения. Динамическую неуравновешенность можно определить только по центробежным силам, возникающим при вращении детали с достаточной скоростью. Качество динамической балансировки оценивается величиной амплитуды колебаний ротора при критической частоте его вращения. Балансировка производится на специальном стенде в заводских условиях. Стенд имеет опоры маятникового или качающегося типа (рис. 18).



Рис. 18. Динамическая балансировка деталей вращения газотурбонагнетателя  
Fig. 18. Dynamic balancing of turbocharger rotating parts

## Выводы

Техническое вооружение китайских и корейских судоремонтных заводов постоянно совершенствуется и обновляется образцами лучших фирм-производителей. Устройства измерения оснащаются микропроцессорными аналогово-цифровыми преобразователями. Для измерения раскепа применяют электронный индикатор. То же относится к штангенциркулям, нутромерам и индикаторам часового типа с погрешностью измерений 1-5 мкм.

Технологии восстановления деталей при ремонте должны обеспечивать их низкую стоимость при повышенных показателях надежности.

## Список литературы

1. Кривошеков В.Е. Восстановление изношенных деталей судовых дизелей. Обзор зарубежного опыта фирмы DMI / В.Е. Кривошеков, В.И. Фадеев. – М.: Транспорт, 1994. – 33 с.
2. Маницын В.В. Технология ремонта судов рыбопромыслового флота. – М.: Колос, 2009. – 536 с.
3. Маницын В.В., Чайка В.Д. Техническое обслуживание и устранение дефектов дизелей судовым экипажем: справ. пособие. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. – 321 с.

**Сведения об авторе:** Юрий Алексеевич Корнейчук, кандидат технических наук, доцент, e-mail: korneych@mail.ru.