

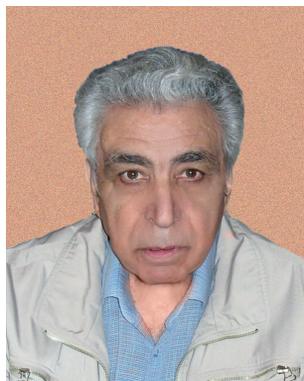
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШАТУНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕМОНТНОЙ ДЕТАЛИ

А. Г. Каспарьянц, заслуженный работник транспорта Украины, член кор. ТАУ, к.т.н., доцент;
Д. В. Попов, к.т.н., доцент; Э. С. Савенко, к.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В статье изложен способ восстановления шатунов автомобильных двигателей, методом устранения скрученности и погнутости шатуна без перегиба верхней головки шатуна это позволит снизить затраты на ремонт двигателя, без снижения долговечности пары поршень – цилиндр с использованием метода дополнительной ремонтной детали – стандартной втулки шатуна. Предложены методы контроля прогиба шатуна на погнутость и скручиваемость с подбором технологического оборудования для восстановления шатунов.

Ключевые слова: втулка, механическая обработка, запрессовка, поверхность, ремонт, шатун, технология, износ.



*Каспарьянц
Акоп Герасимович*



*Попов
Дмитрий Владимирович*



*Савенко
Эдуард Станиславович*

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в авторемонтное производство внедрены новые способы восстановления деталей, точные линии, новое оборудование и др. Однако трудоемкость и стоимость капитального ремонта автомобилей все еще остаются высокими, а ходимость не обеспечивает нормативного пробега. Поэтому важной задачей персонала авторемонтных предприятий является уменьшение использования новых деталей при всемерном улучшении качества ремонта с одновременным снижением его стоимости. Этого можно достигнуть совершенствованием технологии и организации ремонта автомобилей, применением прогрессивных способов восстановления деталей, механизацией и автоматизацией технологических процессов и т. п.

Повышение качества восстановления автомобильных деталей и снижение их трудоемкости во многом зависят от правильности выбора базы для обработки деталей, являющейся единой для процессов возмещения износов и их механической обработки.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью настоящей работы является разработка метода восстановления шатунов автомобильных двигателей, позволяющего снизить затраты на ремонт двигателя, при этом без снижения долговечности пары поршень – цилиндр.

В работе рассмотрена возможность устранения скрученности и погнутости шатуна без перегиба верхней головки шатуна.

В основу разработки положен метод использования дополнительных ремонтных деталей.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Шатуны изготавливаются из стали 40 (ЗИЛ- 4331, «Москвич - 2141SL»), 40Г (ЯМЗ-204), 40Х (ЯМЗ-326) и 45Г2 (ГАЗ). Термическая обработка шатунов включает нормализацию, которая производится после штамповки, закалку и высокий отпуск до твердости в пределах НВ 207-255 (сталь 40), НВ 229-255 (40Г) и НВ 228-269 (45Г2; 40Х).

Дефектами шатунов, поступающих в ремонт, обычно являются: погнутость и скручивание шатуна, износ отверстий во втулке верхней головки и нижней под вкладыш вследствие ослабления его посадки в постели и, наконец, повреждение плоскости разъема нижней головки (рис. 1).

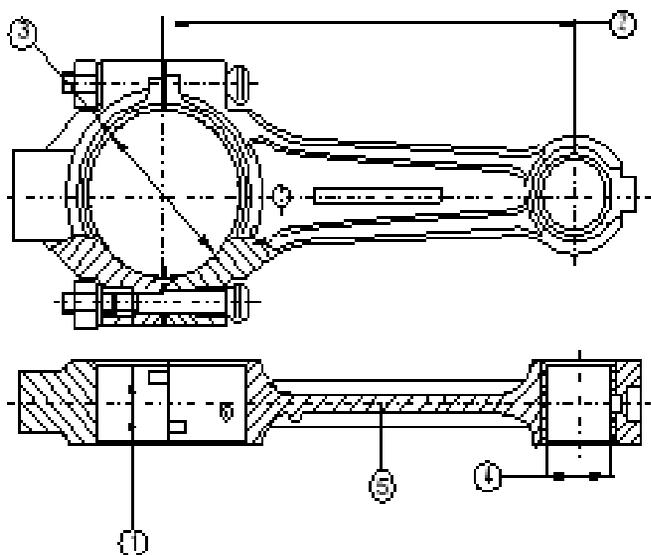


Рис. 1. Эскиз шатуна и его дефекты:

1 - сдвиг металла на поверхности отверстия нижней головки шатуна; 2 - уменьшение расстояния между осями головок; 3 - задиры или износ отверстия нижней головки шатуна; 4 - износ отверстия во втулке шатуна; 5 - погнутость и скручивание шатуна

Сама технология устранения этих дефектов известна [4] и технически отработана и заключается в проверке шатунов на погнутость и скрученность при помощи приспособления, показанного на рис. 2. Правку погнутых шатунов ведут на винтовых и гидравлических прессах, а правку скрученных — при помощи специального рычага или специальной струбицы, захваты которой закрепляются винтами с разных сторон таврового сечения. Максимально допустимая величина изгиба 0,03 мм на 100 мм. Максимально допустимая деформация при скручивании 0,05 мм на 100 мм. Если деформации при изгибе или скручивании превышают максимально допустимое значение, необходимо производить замену шатуна в сборе.

Стандартный метод восстановления заключается в следующем:

- шатуны и крышки с поврежденными торцами разъема шлифуют «как чисто» с креплением их в

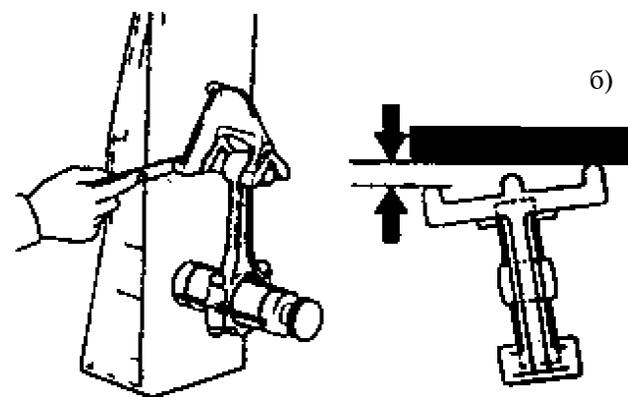
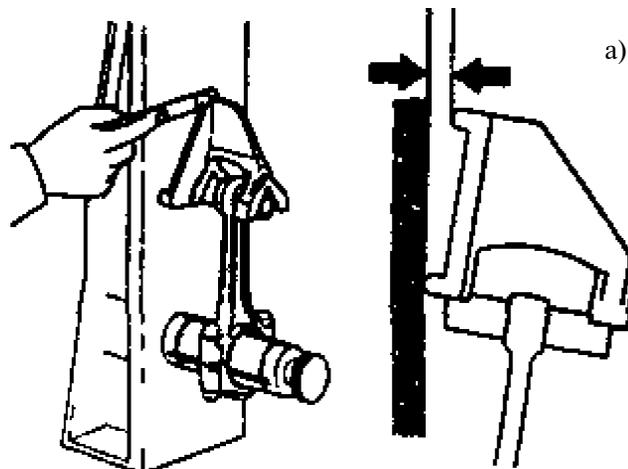


Рис. 2. Приспособления для проверки шатуна на погнутость и скручивание: а) проверка на изгиб, б) проверка на скручивание

приспособлении. После шлифования производится сборка шатунов и крышек, затем тонкое растачивание отверстия нижней головки под номинальный размер на станках типа 2710, 2711, либо, в общем случае, растачивают отверстие на токарном станке на режимах, близких к тонкому растачиванию. Втулка шатуна заменяется новой, и ее отверстие зенкуют под номинальный размер.

- Контроль межцентрового расстояния осей отверстий шатуна и их параллельности производится индикаторным приспособлением, показанным на рис. 3. Настройка приспособления производится по эталонному шатуну. Оси отверстий головок должны лежать в одной плоскости; допустимое отклонение — не более 0,05 мм; непараллельность осей отверстий — не более 0,03 мм; овальность и конусность отверстия нижней головки — не более 0,01 мм [5].

Несмотря на кажущуюся простоту технологии восстановления шатунов, опыт производителей (отчеты и статистика 1-го Донецкого авторемонтного завода) показывают на значительно высокий коэффициент ремонта по всем дефектам и, что особенно важно, значительную выбраковку шатунов по величине скрученности и погнутости стержня шатуна.

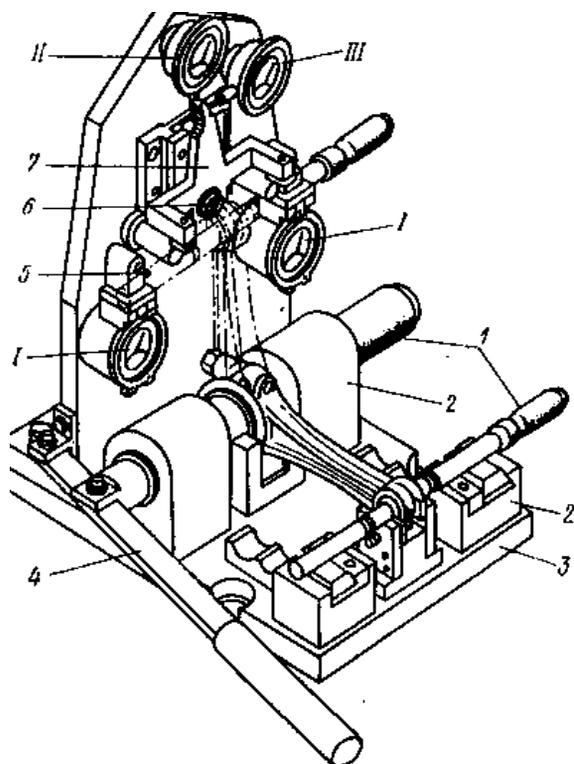


Рис.3. Приспособление для проверки и правки шатуна:

- 1 – скалки; 2 – стойки; 3 – плита; 4 – ручка;
5 – штифт; 6 – ось коромысла; 7 – коромысло;
I, II, III – индикаторы

И что особенно важно, часть шатунов вообще невозможно выправить в допустимые размеры, и большое количество выправленных шатунов, пролежавших несколько дней и не установленных в двигатели, возвращались в первоначальное состояние до правки.

Это явление возможно объяснить условиями работы шатуна и тем остаточным состоянием, в котором он поступает на ремонт.

Стержень шатуна работает в условиях знакопеременных нагрузок по асимметричному циклу – разрывается силами инерции поступательно движущих масс, расположенных над расчетным сечением, и сжимается в момент сгорания силой, равной разности силы давления газов и силы инерции. Размах цикла напряжений не зависит от абсолютных величин сил инерции и достигает наибольшего значения при максимальном давлении сгорания [1].

Напряжения в различных точках поперечного сечения стержня шатуна неодинаковы. Наибольшие отклонения действительных напряжений от их среднего расчетного значения возникают в сечениях, расположенных непосредственно под поршневой головкой.

Изгиб полков в непосредственной близости от поршневой головки возникает в результате неравномерного распределения давлений по дуге нижней половины поршневой головки, а также по ее длине со стороны поршневого пальца при ее изгибе. По мере удаления от поршневой головки неравномерность

распределения напряжений уменьшается и в среднем сечении стержня во всех точках напряжения приближается к расчетным.

Кроме напряжений от сжатия и растяжения в стержне шатуна, возникают дополнительные напряжения изгиба, вызываемые внецентровым применением сил в плоскости, нормальной к плоскости качания [2].

Все это указывает на сложные условия работы шатуна и может объяснить во многом связь изменений повреждений от фактора времени, остаточного прогиба при деформации детали, площади или глубины поврежденного слоя, величины упругой и остаточной деформации. При нагрузках меньше предела его упругости будет иметь место главным образом упругая деформация. Однако упругая деформация может сопровождаться и остаточной деформацией при определенных условиях. Например, при повышенных температурах за счет ползучести, при нормальных температурных условиях за счет релаксации напряжений и т.д. [3].

Подшипники скольжения, шатуны и поршневые кольца при работе также приобретают остаточную деформацию, что приводит к значительным искажениям их формы и понижению долговечности работы соответствующего узла [3].

Применение указанной технологии восстановления создает и ряд существенных недостатков (негативных последствий):

- а) устранение дефектов ведется в отдельности от общей взаимосвязи с другими поверхностями и не имеют единой базы, что значительно влияет на соосность и параллельность осей отверстий в головках;
- б) значительное влияние на работоспособность шатуна имеет скрученность и изгиб шатунов.

Устранение скрученности и изгиба в нормативное положение требует значительных трудовых затрат, кроме этого, происходит возврат конструкции в первоначальное положение. Используемый метод ремонта трудоемок и не дает гарантии на 100% годности. И если в руководствах по капитальному ремонту двигателя внутреннего сгорания производства СНГ имеются рекомендации по их ремонту [5], то в руководствах на импортные автомобили правка шатуна вообще не предусмотрена [6].

Возможность устранения скрученности и погнутой шатуна без перегиба верхней головки шатуна может быть реализована, если при обработке шатуна будет обеспечена строгая параллельность осей нижней и верхней головки шатуна. Для обеспечения этого процесса предлагается технология обработки шатуна от единой базы с использованием втулки верхней головки шатуна как дополнительной ремонтной детали (ДРД), которая устраняет перекосяк и скрученность верхней головки шатуна за счет расточки втулки верхней головки шатуна в соосности с нижней головкой и рациональном использовании припуска на ее обработку.

Эта технология предусматривает устранение всех дефектов от обновленной единой базы, которая базируется по боковой поверхности шатуна, и обработка

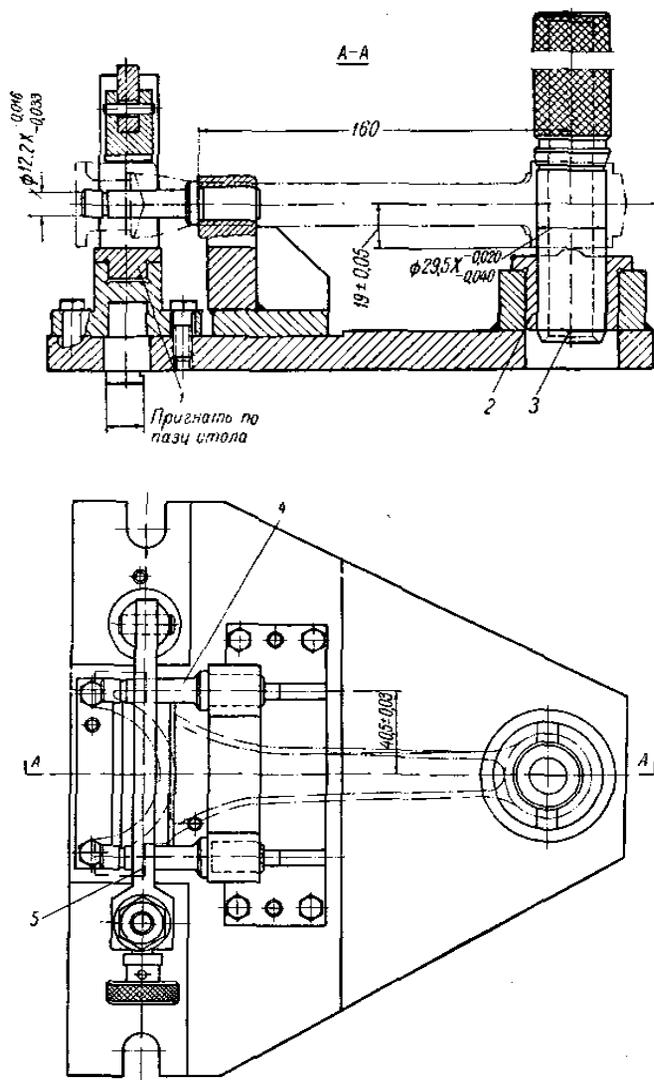


Рис. 4. Приспособление для фрезерования торцов разъема нижней головки шатуна

отверстий производится только расточкой, а не развертыванием.

Последовательность операций восстановления заключается в следующем:

- разбирают нижнюю головку шатуна и фрезеруют торцы шатуна и крышки шатуна на 0,25 мм. На рис. 4 показано приспособление для фрезерования торцов разъема нижней головки шатуна. Шатун устанавливается отверстием верхней головки (без втулок) на палец 3, вставляемый во втулку 2. Что обеспечивает параллельность плоскости разъема шатуна с осью поршневого пальца. Отверстиями головки под болты шатун надевается на пальцы 4 и торцом головки опирается на ползун 1. Закрепление шатуна в приспособлении производится при помощи планки 5;
- собранный после фрезеровки торцов шатун укладывается на стол плоскошлифовального станка, и шлифуют боковую поверхность шатуна «как чисто» и затем, после поворота, и вторую поверхность.

На расточном станке 2710 или 2711, базирясь на одну из шлифованных поверхностей, растачивают отверстие в нижней головке шатуна с учетом припуска на хонингование внутренней поверхности до номинального размера.

Хонингование отверстия нижней головки шатуна позволяет обеспечить необходимую шероховатость внутренней поверхности и размер его диаметра. Например, шатун в сборе ЗИЛ-130-1004045 диаметр отверстия в нижней головке $69,5+0,018$, допустимый без ремонта $69,52$, допуск $0,012$ мм.

Втулки верхней головки шатуна выпрессовываются и заменяются новыми. Втулки изготавливаются из бронзы оловянистой (Бр. ОЦС4-4-2,5) или кремнемарганцовистой (Бр. КСМц3-1).

Заготовками для втулок служит лента различной толщины ($0,89 \pm 0,2$ мм, $1,64 \pm 0,2$ мм).

При запрессовке втулки верхней головки шатуна создается припуск для ее обработки под размер, обеспечивающий работу пальца. Припуск по сравнению с величиной изгиба, который появляется после эксплуатации двигателя, значительный, и если правильно направить резец, то за счет этого припуска можно обеспечить ось верхней головки шатуна параллельно к оси нижней головки шатуна.

Для обеспечения соосности осей необходимо, базирясь по боковой поверхности, установить шатун ребром перпендикулярно к шпинделю станка в приспособление, показанное на рис. 5.

Приспособление содержит расточную головку, вращающуюся от шпинделя токарного станка 1616, на котором приспособление монтируется. Число оборотов при расточке верхней головки 1880 в минуту (31 об/с). Закрепление шатунов производится в приспособлении, установленном на направляющей продольного суппорта станка. Головки шатуна центрируются на приспособлении при помощи направляющих втулок и пробок – калибров, ромбической – нижняя головка и цилиндрической – верхняя. Стержень шатуна и верхняя головка закрепляются роликами плавающих тисков, а нижняя головка – прижимной планкой.

Для примера в табл. 1 приводятся параметры при восстановлении шатуна к двигателю ЗИЛ - 130.

При необходимости восстанавливать с изгибом более 0,5 мм на длине 100 мм необходимо уменьшить отверстие в верхней головке шатуна железнением на 0,3-0,5 мм, что позволит восстанавливать шатуны с изгибом до 1 мм на 100 мм.

При обработке шатуна, фрезеруя торцы стержня шатуна, его длина уменьшается на 0,2-0,25 мм при допустимом 0,5 мм. Но все же после обработки верхней и нижней головки шатуна проверяют расстояние между их осями. При отклонении расстояния от допустимого размера шатун поступает на установку ТВЧ, где его стержень, в центре по длине, нагревается индуктором до температуры 700°C и подвергается растяжению на прессе или на гидравлической стойке с фиксацией нормативного расстояния между осями до полного остывания.

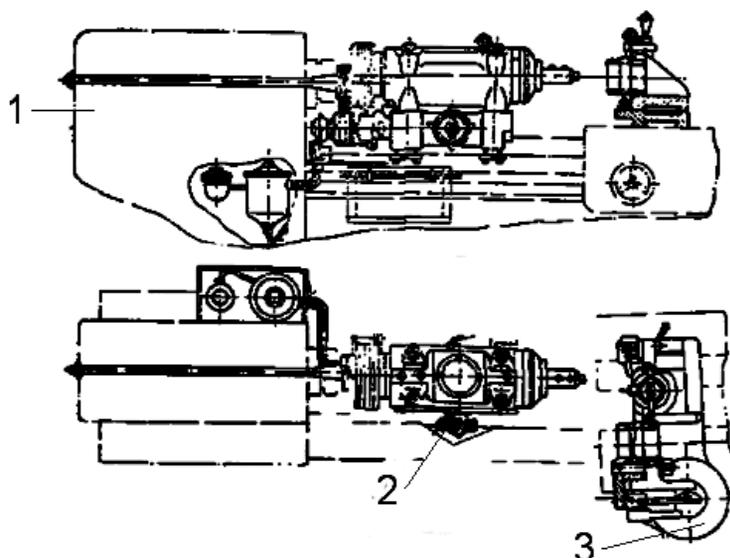


Рис. 5. Приспособление для растачивания втулки верхней головки шатуна:
1 – токарный станок 1616; 2 – расточная головка; 3 – устройство для укладки шатуна

Таблица 1.

Расчеты втулок и отверстий под втулку и палец шатуна двигателя ЗИЛ-130

Параметры	Размер, мм
Диаметр отверстия под втулку в верхней головке шатуна	29,500
Наружный диаметр втулки	29,670
Внутренний диаметр втулки	27,640
Длина втулки	36,00
Диаметр поршневого пальца	28,000
Номинальный диаметр отверстия: – в верхней головке шатуна – с запрессованной втулкой	27,997 28,007
Припуск на расточку втулки шатуна: – по диаметру – на сторону	0,36 0,18
Возможный уклон внутренней поверхности втулки при отклонении одной ее стороны на 0,18 мм на расстоянии 100 мм	0,5
Диапазон изгиба или скрученности шатуна, возможного для их восстановления с учетом использования для компенсации припуск 0,18 мм	до 0,5 мм на 100 мм

В результате приведенная технология позволяет восстановить шатун с осями отверстий в одной плоскости с отклонением не более 0,05 мм, непараллельность осей не более 0,03 мм; овальность и конусность отверстия нижней головки – не более 0,01 мм [5].

ВЫВОД

Выбраковка шатуна практически отсутствует. Приведенная технология при небольших финансовых затратах (10-15% от стоимости нового шатуна, которая составляет в пределах 150 - 600 грн и зависит от марки и модели автомобиля) позволяет получать шатуны, обеспечивающие длительную долговечность сопряжения, поршень и цилиндр двигателя.

2. Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко и др. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с., ил.
3. Дехтеринский Л.В., Акмаев К.Х., Апсин В.П. и др. Ремонт автомобилей: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1992. – 295 с., ил., табл.
4. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
5. Двигатели ЗИЛ-130 и ЗИЛ-375. Руководство по капитальному ремонту РК200 УССР-40-192-78. – Минтранс УССР, «Укравторемонт», Горловское ПКТБ.
6. Toyota Corolla. @. Corolla Sprinter, Модели 1983-1992 гг. выпуска с бензиновыми и дизельными двигателями. Устройство, техническое обслуживание и ремонт. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 352 с.

Список литературы

1. Архангельский В.М., Вихерт М.М., Воинов А.Н. и др. Автомобильные двигатели / Под ред. М.С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1997.