

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКОВОК ШАТУНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**А. П. Ласковнев, А. Т. Волочко, А. Ю. Изобелло, А. А. Шегидевич**  
*Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск*

Шатуны относятся к наиболее нагруженным деталям, работающим в условиях знакопеременного нагружения (сжатие в цикле рабочего хода и растяжение в цикле обратного хода с изгибающим моментом). В настоящее время поковки шатунов, как правило, получают горячей штамповкой в открытых штампах.

Данная технология обладает рядом недостатков: большой (30 – 50 %) отход металла на облой и повышенные энергозатраты вследствие необходимости обрезки заусенца. Получаемые поковки имеют большой разброс по массе, что нарушает требования (ГОСТ 7505 и ГОСТ 8479) по ограничению на предельные отклонения массы детали. Этот фактор вносит существенные сложности в технологию производства двигателей, т.к. требуется селективная подборка шатунов по массе и механическая обработка специального напуска для ее стабилизации [1].

Цель настоящей работы – анализ структуры и свойств поволок шатунов, полученных по комплексной технологии.

Под комплексной технологией понимается использование высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО), заключающейся в совмещении горячей пластической деформации в закрытом штампе с закалкой, исключаяющей развитие рекристаллизационных процессов, и последующим стабилизирующим отпуском, что позволяет повысить механические свойства изделий.

Пластическую деформацию выполняли с использованием неравномерного всестороннего сжатия при компенсационном истечении избытка металла в зоны последующей механической обработки. Данная схема позволяет получать поковки с высокими точностными характеристиками и повышенной прочностью.

Объектами для сравнительных испытаний являлись шатуны трехцилиндрового дизельного двигателя мощностью 35 л.с. из стали 40ХГНМ производства ФТИ НАН Беларуси и ЛИАЗ Украина.

Для получения поковки шатуна использовалась технологическая линия, состоящая из трех прессов усилием 63, 250 и 630 тс и установки ин-

дукционного нагрева ТВЧ И31-100/2,4 мощностью 100 кВт с частотой тока  $f = 2400$  Гц.

Закалка поковок шатунов осуществлялась при остаточной температуре штамповки в масле. Заданная твердость обеспечивалась отпуском в камерной печи сопротивления.

Сравнительные испытания шатунов, изготовленных по разным технологическим схемам и разными производителями, на статическую изгибную прочность проводились в соответствии с разработанной в ФТИ НАН Беларуси методикой сравнительных механических испытаний шатунов [2].

Для выполнения работ использовали испытательную машину ZD 10/90 с записывающим устройством.

Твердость образцов по методу Роквелла определяли на приборе ТК-2М при нагрузке 150 кг.

Морфологию и микроструктуру образцов исследовали методом металлографического анализа с помощью комплекса «Микро-200».

Микротвердость образцов определялась на приборе ПМТ-3 при нагрузке 1000 Н.

С помощью металлографических исследований установлено, что ВТМО при изготовлении поковки шатуна ведет к образованию мелкодисперсной тонкой структуры. Тонкая структура характеризуется сильным развитием фрагментации в результате высокотемпературной деформации и сопровождающего ее процесса возврата. Фрагментированная структура, образующаяся в результате проведенной ВТМО, весьма устойчива. Это определяет возможность проведения повторной, после ВТМО, термической обработки по режимам, обеспечивающим сохранение фрагментированной структуры и повышенных механических свойств, полученных при ВТМО. Таким режимом повторной термической обработки при получении поковки шатуна являлся отпуск, обеспечивший заданную твердость изделию.

В результате особенностей геометрической формы детали разные ее части имеют разную степень деформации, что отражается как на микроструктуре исследуемых образцов, так и на результатах измерения микротвердости.

Структура представляет собой структурированную эвтектоидную смесь феррита и цементита с образовавшимися по границам бывших зерен аустенита мелкими карбидными включениями (рис. 1). Размер составляю-

ших наблюдаемых структур зависит от скорости нагрева, выдержки и степени деформации.

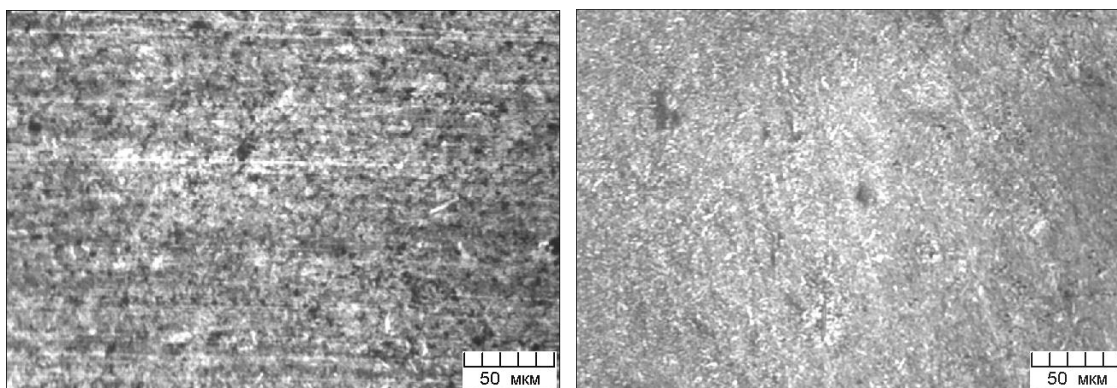


Рис. 1. Микроструктура поковки шатуна

Среднее значение микротвердости большой и малой голов шатуна составило 2717 МПа и 2775 МПа соответственно при нагрузке 1000 Н, а стержня шатуна – 2970 МПа.

На основании механических испытаний был рассчитан предел текучести металла ( $\sigma_m$ ), приведенный в табл. 1.

Таблица 1

Значения предела текучести металла

Номер образца	Значение предела текучести, МПа	
	Шатун пр-во ФТИ НАН Б	Шатун пр-во Украина
1	285	150
2	282	141
3	273	146

Таким образом, использование комплексной технологии при производстве поковок шатунов позволяет получать мелкодисперсную структуру, способствующую повышению предела текучести в среднем на 45 %, обеспечить стабильность геометрических размеров поковок и массовый разброс не более 30 г (вес поковки 1750 г) Это делает шатуны, полученные в ФТИ НАН Беларуси, более конкурентоспособными.

### Литература

1. Семенов, Е.И. Ковка и объемная штамповка / Е.И. Семенов. – М.: Высш. шк., 1972. – 352 с.
2. Методика сравнительных механических испытаний шатунов. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. – 5 с.