



УДК 669.74

Получена 09.09.2013

И. М. КОЙДАН, А. С. ЖУРАВЛЕВ, АХК ВНИИМЕТМАШ им. акад. А. К. Целикова

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ПОРШНЕЙ ДЛЯ ФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ИЗ ПОРШНЕВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДАМИ ТИКСОФОРМОВАНИЯ

Проведены исследования по определению возможности и перспективности изготовления поршней для форсированного дизельного двигателя из специальных поршневых сплавов с тиксоструктурой методами тиксоформования.

Research has been conducted to determine the feasibility and availability of pistons manufacturing for forced diesel engine from special piston-alloy with Tix-structure by Tix-formation methods.

Создание средне- и высокооборотных дизелей нового поколения требует решения целого ряда проблем, одной из которых является ужесточение условий работы теплонапряженных деталей двигателей – поршней и клапанов механизма газораспределения, работающих в настоящее время на пределе возможностей современных материалов. Современные пути решения этой проблемы заключаются в разработке и создании новых материалов и новых технологий для материалов существующих. Такими материалами и технологиями являются композиционные гранульные материалы и технологии тиксоформования различных сплавов, в первую очередь, на основе титана и алюминия, позволяющие значительно повысить эксплуатационные свойства изделий и приобретающих в последние годы широкое распространение в передовых в промышленном отношении странах.

В настоящей работе проведены исследования по определению возможности и перспективности изготовления поршней для форсированного дизельного двигателя из специальных поршневых сплавов с тиксоструктурой методами тиксоформования.

Тиксоформование – новая технология производства точных заготовок с высокими механическими и служебными свойствами основана на эффекте тиксотропности, который заключается в аномально высокой жидкотекучести металлов и сплавов, имеющих глобулярную (не дендритную) микроструктуру первичной фазы кристаллов. Свойство тиксотропности позволяет методами литья под давлением или объемной штамповки получать

изделия весьма сложной формы без дефектов литья и штамповки, с мелкозернистой, равномерно распределенной глобулярной структурой, обеспечивающей значительное повышение механических характеристик, либо снижение массы изделий при той же прочности.

Экспериментальные исследования по тиксоштамповке модельных образцов поршней с тиксоструктурой проводили с алюминиевым сплавом АК12М2МгН (АЛ25). В табл. 1 приведен химический состав, в табл. 2 – паспортные механические свойства сплава.

Таблица 1. Химический состав литейных и деформируемых сплавов, мас.%, используемых в качестве поршневых или планируемых к использованию

Сплав	Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Cu	Cr	Pb	Mg	Zn	Sn	Al
АЛ25	до 0,8	11–13	0,3–0,6	0,8–1,3	0,05–0,2	1,5–3,0	–	до 0,1	0,8–1,3	до 0,5	до 0,02	ост.

Таблица 2. Механические свойства сплавов, используемых в качестве поршневых

Сплав	σ_B , МПа	$\sigma_{100}^{\square\square\square}$, МПа	δ , %	НВ
АЛ25	195–220	50–60	0,3–0,8	90,2–96,0

Заготовки с тиксоструктурой для штамповки поршней были получены методом разлива по наклонному водоохлаждаемому желобу в стальной тонкостенный стакан. На рис. 1 представлена микроструктура тиксозаготовки из литейного сплава АЛ25 после длительного (50 мин) повторного на-

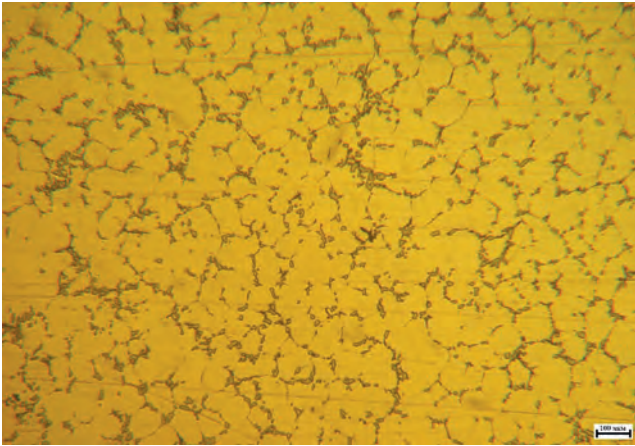


Рис. 1. Микроструктура тиксозаготовки из литейного сплава AL25 после 50 мин повторного нагрева в атмосфере аргона до температуры 550 °С

грева в защитной атмосфере аргона до выбранной температуры тиксоштамповки (550 °С) и последующей заковки в воду.

Модельные образцы поршней с тиксоструктурой изготавливали в три этапа: нагрев тиксозаготовок до твердо-жидкого состояния; штамповка на гидравлическом прессе 4 МН; термообработка полученных изделий.

Нагрев тиксозаготовок перед штамповкой проводили в муфельной печи сопротивления мод. ЮТ-

217 «ЮНИТЕРМ», оснащенной программируемым устройством поддержания температуры. Контроль температуры нагрева заготовок осуществляли зачеканенными в заготовку кабельными термодатчиками мод. ТП-К 0321-И-1,5–1250 ХА, 2 кл. фирмы «Обнинская электрическая компания» в комплекте с измерительным прибором мод. «CENTER-209». Для наиболее полной изоляции от кислорода нагрев тиксозаготовок проводили в инертной среде аргона.

На первом этапе на основе рекомендуемой температуры нагрева по результатам анализа калориметрических кривых экспериментально определяли фактическую температуру нагрева тиксозаготовок до требуемого твердо-жидкого состояния, соответствующего 50%-ному соотношению твердой и жидкой фаз, а также величину допустимого интервала нагрева.

Температуру печи поддерживали в пределах 750–760 °С. Требуемую твердо-жидкую консистенцию тиксозаготовки определяли по следующим признакам:

- свободное внедрение в тиксозаготовку острого металлического предмета типа шила при неизменной форме заготовки;
- изменение формы тиксозаготовки в виде оседания ее нижней части в виде «слоновъей ноги»,

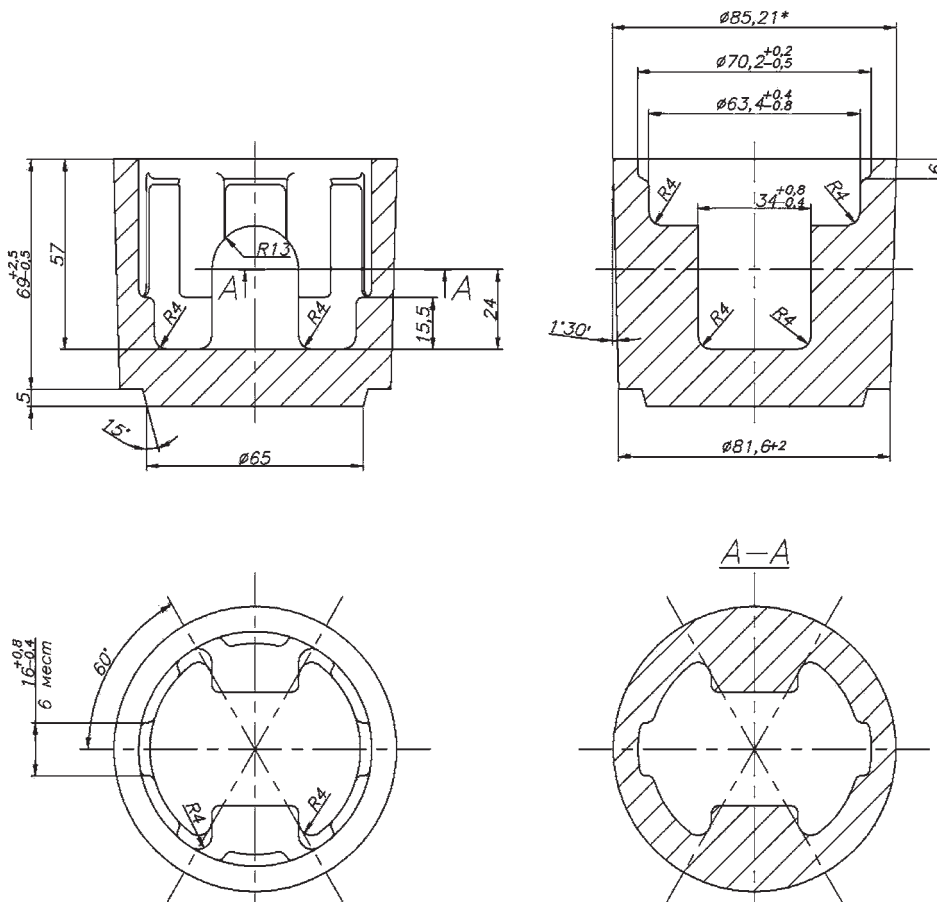


Рис. 2. Чертеж модельного образца поршня



Рис. 5. Дефекты модельного образца поршня (незаполнение гравюры штампа и трещины)

Дальнейшую термообработку модельных образцов поршней проводили по режиму Т6 – гомогенизация 6 ч при $T = 515\text{ }^{\circ}\text{C}$, закалка в холодную воду + старение при $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 8 ч. После проведения термообработки изучали физико-механические свойства материала отштампованных изделий.

Физические свойства материала модельных образцов поршня с тиксоструктурой приведены в табл. 4.

Таблица 4. Физические свойства материала модельных образцов поршня с тиксоструктурой

Свойства	АК12М2МгН (АЛ25)
Температура ликвидуса и солидуса, $^{\circ}\text{C}$	574–508
Средний коэффициент линейного термического расширения $\alpha = (1 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ в интервале температур, $^{\circ}\text{C}$:	
0–100	19,3
0–200	20,9
0–300	21,4
Теплопроводность, кал/(см·с· $^{\circ}\text{C}$), при 25 $^{\circ}\text{C}$	0,38
Плотность, г/см ³	2,75
Коэффициент остаточного роста диаметральных размеров поршня	$7,6 \cdot 10^{-4}$

Проведенные испытания дают возможность провести сопоставление механических характеристик материала сплава, полученного тиксоформованием и материала сплава, полученного по классическим технологиям. Сравнительные результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5. Сопоставление механических характеристик сплавов, полученных тиксоформованием и по классическим технологиям

Материал	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	Твердость НВ	Относительное удлинение, %
Кремний-алюминиевый сплав АЛ25 (Т6) тиксо-структура (штамповка)	285–302	263–286	140–155	5,0–6,4
Кремний-алюминиевый сплав АЛ25 (Т6) дендритная структура (жидкая штамповка)	250	240	120	0,85

Выводы

Установлено, что механические свойства штампованного материала с тиксоструктурой у экспериментальных модельных образцов поршней превышают механические свойства аналогичного материала с дендритной структурой в 1,1–1,2 раза, а по пластичности – в 5 раз. Твердость изучаемых сплавов в тиксоштампованных деталях также значительно превышает твердость сплавов того же состава, достигаемую в других способах формообразования.

Данный анализ позволяет сделать вывод, что технология тиксоформования рассмотренных сплавов является весьма перспективной для изготовления тронка поршня высоконагруженных дизелей. Для дальнейшего изучения возможности применения тиксотехнологий при изготовлении поршней рекомендуется проведение стендовых испытаний тронка поршней для модернизируемых дизелей.