

диаметром до 500 мм и длиной 400 мм за счет использования съемных вкладышей, оформляющих отливку.

На основе анализа номенклатуры деталей сельскохозяйственной техники, наиболее востребованных для ремонта и обслуживания и имеющих форму тел вращения, установлено, что получение их заготовок целесообразно центробежным способом литья.

Применение центробежного метода при изготовлении литых заготовок позволит обеспечить рассматриваемым деталям высокие физико-механические и эксплуатационные свойства. Для их производства предложена однопозиционная машина центробежного литья модели 49113 конструкции ОАО «БЕЛНИЛИТ», использование которой наиболее рационально для деталей сельскохозяйственной техники в условиях РБ.

#### **Список использованных источников**

1. Радченко А.А. и др. Совершенствование технологического процесса изготовления стальных отливок номенклатуры сельхозмашиностроения. //Литьё и металлургия. 2003, №2. С. 55–56.
2. Занько Д.В. и др. Особенности оборудования для центробежного литья и технология получения отливок. //ЛИМ. 2012, №3. С. 251–254.
3. Степанов Ю.А. и др. Технология литейного производства: Специальные способы литья Учебник для вузов / Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин. – М: Машиностроение», 1983. – 287 с.
4. Современные литейные технологии. Монография / Н.К. Толочко и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2009. – 359с.
5. Проектирование технологий механической обработки и сборки при ремонте сельскохозяйственной техники. ДП.: учеб.-метод. пособие / сост.: Л.М. Акулович и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2013. – 460с.
6. Андрушевич А.А. Охотский А.Д. Центробежное литьё – перспективная технология производства деталей для сельскохозяйственных машин. / Литьё и металлургия. 2019, №2. С. 23–26.

УДК 621.74

## **ЛИТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРШНЕЙ**

*Студент – Парфёнов А.И., 41 тс, 1 курс, ФТС*

*Научный*

*руководитель – Андрушевич А.А., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Изучен процесс получения заготовок поршней дизельных двигателей из литых композиционных материалов на основе алюминия.

**Ключевые слова:** Литьё, поршень, композиционный материал, алюминиевый сплав, двигатель.

При эксплуатации машин и оборудования, в частности сельскохозяйственной техники, важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты. Повышение их эксплуатационной надёжности, в том числе износостойкости, обеспечивается использованием новых перспективных материалов, включая композиционные. Создание композиционных материалов возможно такими технологиями как, порошковая металлургия, лазерная наплавка, аддитивные технологии, литьё. Последнее имеет большие перспективы, связанные с высокой производимостью процессов, низкой стоимостью оборудования и оснастки.

Литые поршни тракторных двигателей, в частности Минского моторного завода Д242, Д260 и др., изготавливаются из первичного алюминиевого сплава АК12ММгН. Однако применение алюминиевых сплавов для изготовления сложных фасонных отливок, несмотря на комплекс присутствующих им физико-механических и эксплуатационных свойств, ограничивается, в ряде случаев, температурно-силовыми факторами эксплуатации [1].

Для повышения прочности, твердости, износостойкости деталей в последнее время широко используются литые композиционные материалы (ЛКМ) на основе сплавов алюминия, армированные пористыми каркасами, полученными методами порошковой металлургии из оксидов, нитридов, карбидов [2].

Заготовки поршней из ЛКМ с алюминиевой матрицей получали методом пропитки под внешним давлением литьём в кокиль [3]. Использование способа пропитки позволяет упрочнить отдельные зоны отливки различными по составу и свойствам материалами.

При получении литых композиционных материалов пропиткой определяющее значение имеют следующие факторы: капиллярные явления; взаимодействие между армирующим волокном и алюминиевой матрицей; процесс затвердевания матричного сплава.

Капиллярные явления определяют величину работы, необходимой для заполнения каркаса расплавом. Для перемещения расплава внутриволокнистого каркаса необходимо приложить внешнее избыточное давление, превышающее величину капиллярного давления. Для условий, характерных для жидких алюминиевых расплавов, покрытых твердой пленкой оксида  $Al_2O_3$ , затрудняющей их непосредственный контакт с поверхностью волокон и смачивание, величина внешнего давления значительно ниже давления, необходимого для осуществления процесса жидкой штамповки. Такие значения внешнего давления можно получить при подаче на поверхность расплава сжатого газа, например, азота.

Это условие было реализовано в экспериментальной оснастке, куда до заливки алюминиевым расплавом укладывались пористые каркасы различного состава. Для отработки параметров технологии получения литые композиционные материалы использовалась оснастка, где располагалась цилиндрическая разъемная форма с вертикальной плоскостью разъема. В плоскости разъема выполнена литниковая система. Диаметр прибыли варьировался с помощью вставок. Упрочняющий каркас требуемой геометрии устанавливали в кокиле, имеющем выталкиватель и металлический стержень.

Изучали влияние на качество отливки температур формы и заливаемого сплава, величины давления, объема прибыли. Давление на сплав поддерживалось до полного затвердевания отливки или снималось сразу после пропитки каркаса. Исследованы условия, достаточные для качественной пропитки алюминиевым расплавом АК12ММгН пористого каркаса из мелкодисперсных оксидных волокон, не смачиваемых расплавом.

Эксперименты проводились с использованием каркасов диаметром 86 мм, высотой 30 мм трех типов с волокнами диаметром 1–5 мкм: плотностью 0,14 г/см<sup>3</sup> из волокон оксида кремния; плотностью 0,25 г/см<sup>3</sup> из волокон оксида кремния; плотностью 0,25 г/см<sup>3</sup> из алюмосиликатных волокон.

В опытах измеряли температуру каркасов, величину давления газа и продолжительность приложения давления. Температура кокиля поддерживалась в интервале 200–250<sup>0</sup>С, температура заливаемого сплава в интервале 740–750<sup>0</sup>С.

Основными условиями полной пропитки каркаса являются тепловые режимы системы «металлическая форма-каркас-расплав» и величина внешнего давления, прикладываемого к поверхности расплава. Температура каркаса перед установкой должна быть не ниже 500–520<sup>0</sup>С, расплав начинает проникать в поры каркаса уже при давлении 1,0 МПа, а полная пропитка каркаса происходит за время менее 1 с. Влияние материала волокон и плотности каркасов на время пропитки не обнаружено. Температура формы и заливаемого сплава должна поддерживаться в тех же интервалах, что при изготовлении неупрочненной отливки; для данного сплава температура заливки – 720–770<sup>0</sup>С. Выбор типа литниковой системы и размеров ее составляющих проводится как при обычном кокильном литье.

Небольшие давления, обеспечивающие принудительную пропитку расплавом армирующего каркаса, позволяют получить существенные преимущества (малая стоимость и высокая стойкость оснастки, получение изделий любой геометрии и др.) по сравнению с известными методами.

Основные характеристики упрочняющих каркасов приведены в таблице.

Свойств ЛКМ (твердость, прочность, износостойкость) изучались и проводились на образцах, вырезанных из цилиндрических композиционных заготовок.

Таблица – Свойства упрочняющих каркасов

Свойства	Основа				
	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,14	0,25	0,23-0,26	0,35	0,7
Прочность при растяжении, МПа	0,2	0,4	–	–	–
Прочность при сжатии, МПа	0,4	1,0	0,3	–	–

Твердость, в основном, определяется количеством введенного оксида и может быть доведена до 300 НВ и выше. Однако с увеличением твердости более 150–160 НВ заметно ухудшается обработка резанием.

Износостойкость оценивали на 3-х образцах каждого ЛКМ диаметром 10 мм, высотой 15 мм с контртелом из серого чугуна твердостью 98–100 НВ при удельной нагрузке 3,0 МПа, скорости перемещения зоны трения контртела относительно образцов 2,8 м/с. Величина износа зависит от вида упрочняющих волокон, их количества и для большинства испытанных ЛКМ сопоставима с износом эталона – нирезиста, а по сравнению с матрицей после 10 часов испытаний износ исследуемых композиционных материалов в 6–10 раз меньше.

Испытания на прочность при растяжении осуществляли на машине “Instron1195” при температурах 20 °С и 350 °С. Для всех материалов предел прочности при 20 °С на 20–40 МПа меньше, чем у матричного сплава, но при температуре порядка 350 °С на 20–30 МПа выше, что очень важно для деталей из алюминиевых сплавов, работающих в условиях повышенных температур.

На основании проведенных исследований разработана технология получения композиционных отливок дизельных поршней литьем в кокиль из алюминиевого сплава АК12ММгН путем пропитки армирующих каркасов различных зон заготовок: днище поршня, включая зону верхней канавки под компрессионное кольцо и камеру сгорания; зоны верхней канавки и «жарового пояса»; зона кромок камеры сгорания.

Предложенная технология получения ЛКМ совместима с процессом изготовления фасонной отливки в кокиле и позволяет формировать в конкретной детали упрочненные зоны с резко отличающимися от матричного алюминиевого сплава физико-механическими свойствами.

Упрочняемые зоны могут содержать до 50% (по объему) мелкодисперсных волокон различных оксидов (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> и др.) и металлических волокон с широким спектром свойств: твердость до 160–170 НВ, износостойкость ЛКМ на уровне нирезиста и в 6–10 раз выше, чем износостойкость матричного сплава, прочность при 350 °С на 20–30 МПа больше при хорошей обрабатываемости резанием.

Литые композиционные материалы на основе алюминия могут быть рекомендованы для изготовления деталей автотракторных дизельных двигателей, испытывающих повышенные механические и термические нагрузки, с упрочнением практически любых зон отливок, к которым предъявляются особые эксплуатационные требования.

#### **Список использованных источников**

1. Богуславский А.К., Круглый П.С., Андрушевич А.А. Исследование свойств алюминиевого сплава для производства поршней автотракторных двигателей. //Сб. материалов научной-практической конференции студентов и магистрантов «Техсервис – 2019». – Минск:БГАТУ, 2019. – 372с. С. 111–115.
2. Андрушевич А.А., Калиниченко В.А. Литые композиционные материалы на основе алюминия и меди для деталей сельскохозяйственной техники // Материалы трудов Международной научно-практической конференции «Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» Минск, 24–25 октября 2019 г.: в 2 ч. Ч.2 – Минск: БГАТУ, 2019. 448с. С. 69–71.
3. Земкаускас И.И., Чурик М.Н. Композиционные отливки с матрицей из алюминиевых сплавов. AnInternationalConferenceofMechanicalEngineering, С. 151–156, Vilnius. 1994

УДК 621.762

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ОРТОТРОПНОЙ СТРУКТУРОЙ НА ОСНОВЕ ТКАНЫХ СЕТОК**

*Магистрантка – Рутковская Н.В., змаг 18 тс, 2 курс, ФТС*

*Студент – Дорошенко М.В., 19 рпт, 1 курс, ФТС*

*Научный*

*руководитель – Кусин Р.А., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Дано описание фильтрующего материала с ортотропной структурой на основе тканых сеток. Предложена модель и приведены результаты расчетов структурных и гидродинамических свойств фильтрующего материала с ортотропной структурой на основе тканых сеток.

**Ключевые слова:** фильтрующий материал, ортотропная структура, тканые сетки, модель, структурные свойства, гидродинамические свойства, расчетные выражения

Сетчатые фильтрующие материалы (СФМ) на основе металлических проволочных сеток широко применяются для очистки различных жидкостей