



Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

M. S. Denisov, Development of control programs for the process of crimping pistons of internal combustion engines,
Comp. nanotechnol., 2015, Issue 2, 46–50

<https://www.mathnet.ru/eng/cn37>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use

<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.14.80

May 15, 2025, 21:21:16



4.2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОПРЕССОВКИ ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Денисов Максим Сергеевич, ассистент, заведующий лабораториями кафедры АТП. Владимирский государственный университет, ИИТ, МТФ, Владимир, Россия. E-mail: denisovmaxim90@mail.ru

Аннотация: Одной из проблем машиностроения является получение отливок из алюминиевых сплавов с высокой точностью. На стадии проектирования оснастки, до сегодняшнего дня, игнорировали такое свойство металлов, как сжимаемость под высоким давлением. Проведенный в работе сравнительный анализ, основанный на экспериментальных данных, показывает, что относительная сжимаемость, т. е. соотношение металла, необходимого для полной компенсации общего объема усадки, зависит от химического состава сплава и давления накладываемого на металл. На представленных в статье графиках видно явное различие, как в абсолютных значениях сжимаемости, так и в характере ее изменения на разных этапах воздействия давления. Анализ и сравнение установленных зависимостей дают информацию о скрытых свойствах сплавов, которые необходимо учитывать в процессе проектирования технологической оснастки, а также, при разработке программ для компьютерной системы управления наложением давления.

Ключевые слова: кристаллизация, автоматика, опрессовка, давление, сплавы, компьютерная система управления, сжимаемость

DEVELOPMENT OF CONTROL PROGRAMS FOR THE PROCESS OF CRIMPING PISTONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Denisov Maxim S., assistant, head of the Department laboratories ATP Vladimir state University, IIT, MTF, Vladimir, Russia. E-mail: denisovmaxim90@mail.ru

Abstract: One of the problems of mechanical engineering is the production of castings from aluminum alloys with high accuracy. At the design stage rigging, to date, ignored such a property of metals, such as compressibility under high pressure. Performed in the work a comparative analysis based on the experimental data shows that the relative compressibility, that is, the ratio of metal required for full compensation of the total amount of shrinkage depends on the chemical composition of the alloy and the pressure imposed on the metal. At presented in the article charts show a clear distinction, both in absolute values of compressibility and the nature of its changes at different stages of the impact pressure. Analysis and comparison of installed dependencies provide information about the hidden properties of alloys that need to be considered during the design process, tooling, and also in the development of programs for the computer control system superimposed pressure.

Index terms: crystallization, automation, crimping, pressure, alloys, computer control system, the compressibility

1. ВВЕДЕНИЕ

Отливки, получаемые в процессе литья под давлением, применяются в ракетно-космической технике, машиностроении, автомобилестроении и других отраслях. Изделия, полученные таким способом, отличаются высокой прочностью и соответствуют 3-5-му классам точности, с шероховатостью поверхности, соответствующей 5-8-му классам.

Оснастка для литья под давлением рассчитана на сотни тысяч циклов литья. При проектировании формообразующих элементов должны учитываться технологические условия литья, свойства и состав сплавов, конструкция отливки и множество других факторов.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ДИСКУССИЯ

До настоящего времени не учитывалось такое свойство металлов, как сжимаемость под высоким давлением. Наложение давления на расплавленный металл переводит его в состояние, удаленное от равновесного, влияет на упругие межатомные взаимодействия. При этом объемы пространства, которые неизбежно присутствуют в структурных элементах жидкого состояния, уменьшаются. Установлено [1], что сжимаемость, т.е. относительное уменьшение объема, может достигать 12...13%. При неблагоприятных условиях часть этой разницы в объеме может быть причиной брака литых алюминиевых изделий – усадочных полостей, пор или рыхлот. Для того чтобы получить качествен-

ную отливку необходимо обеспечивать возможность поступления дополнительного объема жидкого металла по фронту кристаллизации.

Необходимо отметить, что отдельные части отливок остывают с неодинаковой скоростью, поэтому они как бы разделяются на несколько изолированных частей, в каждой из которых процесс объемной усадки происходит самостоятельно. При этом ранее закристаллизовавшиеся объемы отливки создают препятствия на пути движения металла к участкам, кристаллизующимся позднее.

Имеет значение и состав сплава. В алюминиево-кремниевых сплавах – эвтектических силуминах с содержанием кремния около 13% кристаллизация происходит в узком интервале температур с минимальной усадкой. Иначе происходит кристаллизация в доэвтектических силуминах, а также в алюминиево-магниево-медью: сначала образуется дендритная структура, а затем затвердевают остальные компоненты с более низкой температурой кристаллизации.

Целью данного исследования – экспериментально подтвердить, что отношение объема металла, необходимого для полной компенсации усадки, к общему объему, зависит не только от химического состава сплавов, но и от режимов наложения давления. Измеряемые параметры – это скорость наложения давления и величина накладываемого давления.

Эксперименты проводились в условиях наложения давления 400 МПа при температуре металла 800°C. Температура формы – 200°C. В качестве объекта исследования выбраны сплавы на основе алюминия, которые наиболее информативно отражают влияние

величины накладываемого давления и химического состава на коэффициент сжимаемости. Составы исследуемых сплавов приведены в табл.1.

Таблица 1

Состав исследуемых сплавов

№ плавки	Содержание элементов, % масс.									
	Al	Mn	Cu	Zn	Ti	Cr	Mg	Fe	Si	Ni
1	Осн.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Осн.	0,4	7	6	0,02	0,18	6	-	-	-
3	Осн.	0,5	4,3	3	0,05	0,115	3,75	-	-	-
4	Осн.	0,2-0,6	1,4-2	5-7	0,05	0,1-0,2	1,8-2,8	до 0,5	до 0,5	до 0,1
5	Осн.	0,4	1,6	6	0,02	0,05	3,75	-	-	-
6	Осн.	0,6	7	0,12	0,08	0,05	6	-	-	-
7	Осн.	4,8	3,4	2,28	-	-	0,776	-	-	-

Характерная осциллограмма процесса наложения давления на жидкий металл представлена на рис.1. Здесь шлейф в виде пилообразной линии желтого цвета от отметки -2 слева до отметки 0,8 дает информацию о движении левого прессующего плунжера 2 (см. рис.2) слева направо. Масштаб по оси времени 0,02 с, т.е. цифре 2000 соответствует отрезок времени 20 с. Видно, что через 17 с после включения, плунжер 2 очень быстро, затем с замедлением входит внутрь отливки и далее остается в неизменном положении, так как соответствующий поршень гидроцилиндра доходит до упора. Ход правого прессующего плунжера 9 составляет 150 мм. Плунжер 9, который выделен черным цветом, сначала быстро, а затем по экспоненте во времени, примерно, 32 с опрессовывает жидкий металл, его ход составляет 125 мм.

Светлой линией в левом верхнем углу показано изменение давления рабочей жидкости в гидросистеме. Видно, что во время включения гидропривода плунжера возникает переходный процесс – давление падает, затем в режиме колебаний его величина постоянно нарастает.

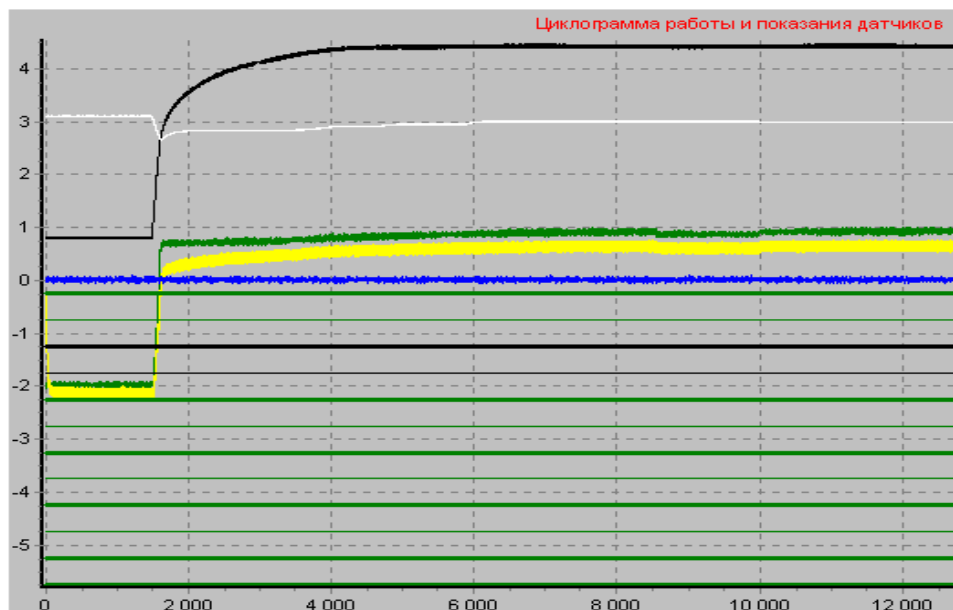


Рис.1. Осциллограмма процесса наложения давления на жидкий металл.

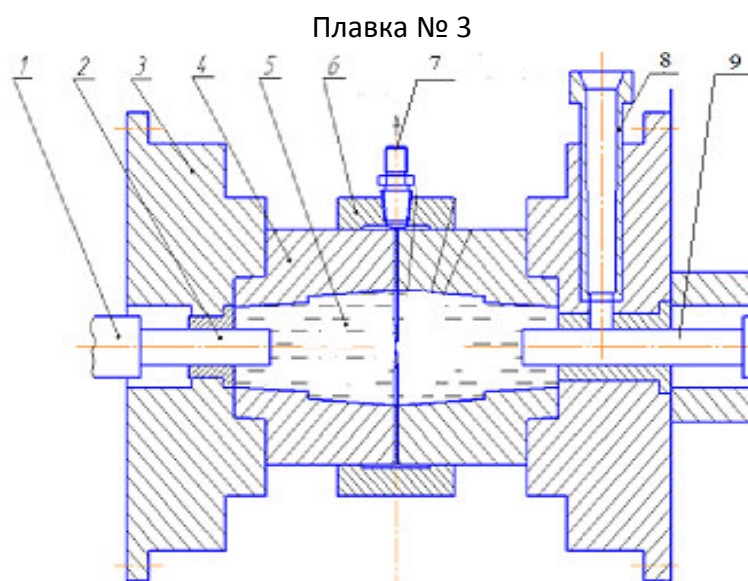


Рис. 2. Схема наложения давления

Обозначения: 1- левый шток, 2 – левый прессующий плунжер, 3 – левая подвижная плита, 4 – левая полуформа, 5 – полость формы, 6 – бандаж, 7 – к вакуумному насосу, 8 – заливочная чаша, 9 – правый прессующий плунжер

На основе показаний осциллограмм рассчитана относительная сжимаемость того или иного сплава. По характеру кривых, описывающих перемещения плунжеров, видно, в каких временных интервалах внутри отливки запрессовывается объем металла, пропорциональный перемещению плунжеров.

Зависимость перемещения плунжеров, т.е., по существу, сжимаемости расплавов под давлением представлена на рис.3. Коэффи-

циент сжимаемости рассчитывается по формуле[2]:

$$K = \frac{\Delta V}{V_0},$$

где ΔV – это объем металла, запрессованного внутрь отливки в данный момент времени; V_0 – объем полости формы, в которую залит металл.

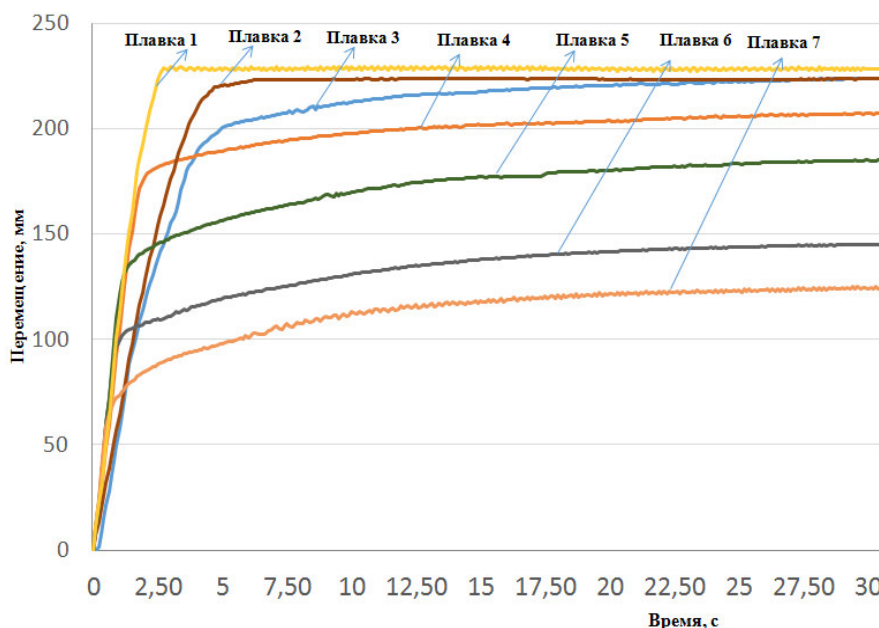


Рис.3. Суммарное перемещение плунжеров в процессе наложения давления

Анализ полученных кривых показывает, что опрессовка чистого алюминия (плавка №1) протекает в течение первых 3 секунд[3], далее металл перестает сжиматься, о чем свидетельствуют показания движения плунжеров.

Опрессовка сплава (плавка №5) протекает совсем по другому закону, плунжеры сначала быстро в течение 1,5 с входят в металл, а затем по экспоненте продолжают движение, металл на протяжении 30 с продолжает сжиматься, пока полностью не закристаллизуется.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные

показали, что алюминиевые сплавы, которые кристаллизовались в условиях наложения давления 400 МПа, имеют разный коэффициент сжимаемости, что должно приниматься во внимание при выборе режимов опрессовки изделий[4].

Практическое применение полученных данных реализовано в компьютерной системе управления технологическим процессом литья рис. 4. На основе получаемых данных система управления принимает решение о дальнейшей опрессовки изделия или об ее окончании, что в значительной степени позволяет снизить затраты на производство, увеличить качество выпускаемой продукции и повысить производительность.

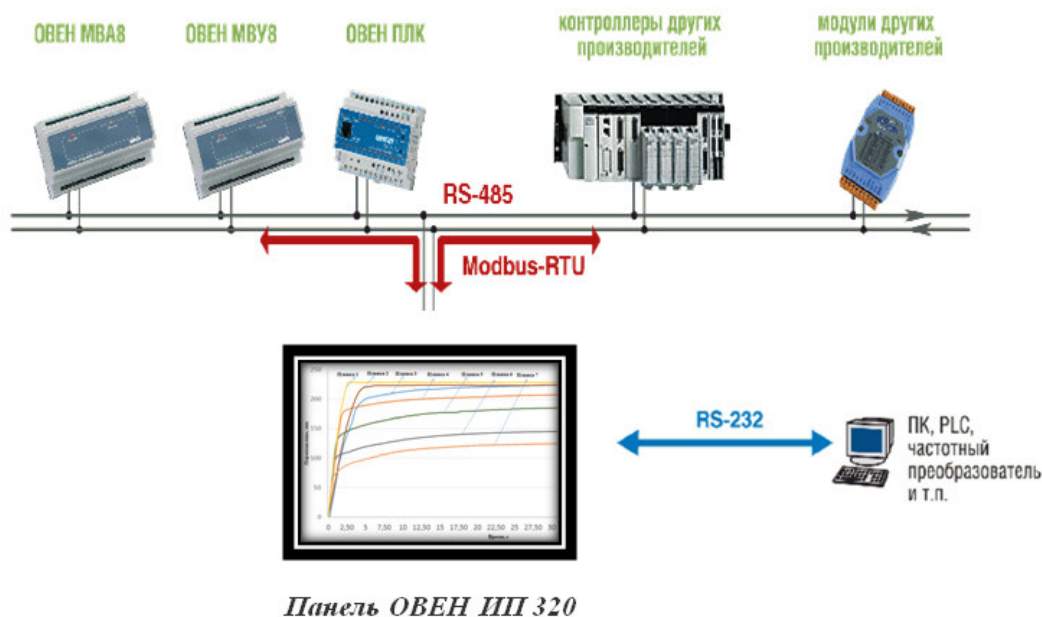


Рис. 4. Компьютерная система управления технологическим процессом литья

Список литературы:

1. Коростелев В.Ф., Хромова Л.П., Рассказчиков А.Н. Управление процессом кристаллизации сплава В95 // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 8. С. 18-24.
2. Коростелев В.Ф. Поверхностное и объемное упрочнение сплавов. М.: Издательство «Новые технологии» - 228 с.: ил.
3. Коростелев В.Ф. Теория, технология и автоматизация литья с наложением давления. М.: новые технологии, 2004. 224 с.
4. Коростелев В.Ф., Денисов М.С. Теория и практика современной науки: Материалы VII Международной научно-практической конференции, г.Москва, 3-4 октября 2012 г. В 2 т.: I / Науч. – инф. издат. центр «Итнститут стратегических исследований». – Москва: Изд-во «Спецкнига», 2012. С. 124 – 127.

Рецензия

на статью М. С. Денисова «Разработка управляющей программы для процесса опрессовки поршней двигателей внутреннего сгорания»

Использование давления, как фактора внешнего динамического воздействия на формирование структуры и свойств отливок, представляет значительный интерес, как с научно-технической, так и с практической точек зрения.

В освоенных в промышленности процессах литья давление накладывается без учета тех сложных

структурно-фазовых превращений, которые протекают в интервале температур перехода из жидкого состояния в твердое. Поэтому эффект от использования давления не всегда высокий.

Автору представленной на рецензию статьи удалось выполнить экспериментальные исследования и показать, что сжимаемость, т.е. относительное уменьшение объема, зависит не только от уровня накладываемого давления, но и от состава сплава.

На представленных в статье графиках видно явное различие, как в абсолютных значениях сжимаемости, так и в характере ее изменения на разных этапах воздействия давления.

Анализ и сравнение установленных зависимостей дают информацию о скрытых свойствах сплавов, которые необходимо учитывать в процессе проектирования технологии, при разработке программ для числового управления наложением давления.

В заключение, необходимо отметить, что статья Денисова М.С. представляет значительный интерес для специалистов в области металлообработки и может быть опубликована в открытой печати.

Научный руководитель д.т.н., проф.,
Заслуженный деятель
науки РФ, зав каф. АТП ВлГУ

В. Ф. Коростелев