

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
PIHHI (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](http://s-o-i.org/1.1/TAS) DOI: [10.15863/TAS](https://doi.org/10.15863/TAS)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2019 Issue: 10 Volume: 78

Published: 25.10.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Denis Chemezov
Vladimir Industrial College
M.Sc.Eng., Corresponding Member of International Academy of
Theoretical and Applied Sciences, Lecturer, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-2747-552X>
chemezov-da@yandex.ru

Lyubov Suvorova
Vladimir Industrial College
Student, Russian Federation

Evgeniy Knyazkov
Vladimir Industrial College
Student, Russian Federation

Nematullo Karimov
Vladimir Industrial College
Student, Russian Federation

Ivan Mochalov
Vladimir Industrial College
Lecturer, Russian Federation

Artem Gorechnin
Vladimir Industrial College
Student, Russian Federation

Vadim Maximov
Vladimir Industrial College
Student, Russian Federation

INFLUENCE OF A MOLD MATERIAL AND PERCENTAGE OF CHEMICAL ELEMENTS IN MELT ON SHRINKAGE OF CASTINGS MADE OF NONFERROUS METALS ALLOYS

Abstract: The analysis of calculated shrinkage of aluminium, brass, bronze, zinc, magnesium cylindrical castings made in steel, ceramic and sand molds was carried out in the article.

Key words: alloy, a casting, shrinkage, a crystallization time, a mold.

Language: Russian

Citation: Chemezov, D., et al. (2019). Influence of a mold material and percentage of chemical elements in melt on shrinkage of castings made of nonferrous metals alloys. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 10 (78), 401-406.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-10-78-74> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.10.78.74>

Scopus ASCC: 2506.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	ОАЖ (USA) = 0.350

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ И ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСПЛАВЕ НА ВЕЛИЧИНУ УСАДКИ ОТЛИВОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: В статье проведен анализ расчетной величины усадки алюминиевых, латунных, бронзовых, цинковых, магниевых цилиндрических отливок, изготовленных в стальной, керамической и песчано-глинистой литейных формах.

Ключевые слова: сплав, отливка, усадка, время кристаллизации, литейная форма.

Введение

Литье цветных сплавов осуществляется под высоким давлением, в кокиль, и в случае изготовления крупногабаритных отливок – гравитационным литьем. Величины линейной и объемной усадок отливок, изготовленных из некоторых марок сталей, чугунов и цветных сплавов, представлены в работах [1-10]. Усадка является естественным физическим процессом. По расчетным значениям усадки сплавов выполняют проектирование литейных форм. Цветные сплавы при кристаллизации имеют большую усадку, чем чугуны и стали. Гравитационное литье, например, в песчано-глинистую форму, сопровождается длительным по времени циклом изготовления отливки, средней плотностью литья и малой величиной усадки. Литье под давлением в металлическую форму сопровождается коротким по времени циклом изготовления отливки, высокой плотностью и усадкой материала. В статье приведены прогнозируемые значения усадки отливок, изготовленных из основных цветных сплавов в металлических и неметаллических литейных формах.

Материалы и методы исследования

Значения усадки отливок, изготовленных из сплавов цветных металлов, во время процесса кристаллизации определялись по неравновесной модели расчета. Кристаллизуемая отливка имела форму цилиндра радиусом 10 мм. В качестве материалов отливок были приняты:

- никелевые сплавы (ВЖЛ12У, ХН77ТУЛ);
- никель-кобальтовые сплавы (пчм.1);
- латуни (ЛС40СД, С85700, Л60, Л68, Л70, Л85);
- оловянные бронзы (БрО5Ц5С5Л, БрО10);
- безоловянные бронзы (СС330G, БрА5, БрА9Ж3Л, БрА10Ж4Н4Л, БрА11Ж6Н6);
- силумины (356, 390, АК6М2, АК8М3, Ак12, АК12М2МгН, АК12ММгН, Ак7ч, АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34, АК21М2.5Н2.5, DIN 226, МАНЛЕ138, СвА85Т);
- магниевые сплавы (Мг-5, МЛ3, МЛ5пч);
- цинковые сплавы (No.2, No.3, ЗА-8, ЗА-12, ЗА-27).

Литье осуществлялось в металлической (4Х5МФС), керамической и песчано-глинистой литейных формах. Все литейные формы имели следующие свойства: степень черноты – 0,93, жесткость – 1, газопроницаемость – $1.53 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{Па} \times \text{с}$.

Противопригарное покрытие литейных форм отсутствовало. Теплоперенос на границе выполнялся воздушным зазором. Температура литейных форм до выполнения процесса литья составляла 20°C.

Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов представлены минимальными и максимальными значениями времени кристаллизации и линейной усадки отливок, изготовленных из сплавов цветных металлов.

Таблица 1. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки никелевых сплавов.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	18.559 (ХН77ТУЛ)	90.899 (ХН77ТУЛ)	29.907 (ХН77ТУЛ)
Макс. время кристаллизации, с	19.192 (ВЖЛ12У)	92.121 (ВЖЛ12У)	30.327 (ВЖЛ12У)
Мин. усадка, %	6.5833 (ХН77ТУЛ)	4.5744 (ВЖЛ12У)	5.4775 (ВЖЛ12У)
Макс. усадка, %	6.7703 (ВЖЛ12У)	4.7434 (ХН77ТУЛ)	5.6143 (ХН77ТУЛ)

В скобках в таблице указана марка сплава.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	ОАЖ (USA) = 0.350

Таблица 2. Химический состав никелевых сплавов.

Марка	Химический элемент, %												
	Ni	Cr	Al	Co	Ti	W	Mo	B	C	Fe	Si	Mn	Ce
ХН77ТУЛ	74.32	20.5	0.95	-	2.7	-	-	-	0.06	1	0.06	0.4	0.01
ВЖЛ12У	62.785	9.5	4.4	13.5	5.3	1.4	3	0.015	0.1	-	-	-	-

Таблица 3. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки никель-кобальтового сплава.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	13.053 (num.1)		
Макс. время кристаллизации, с		66.451 (num.1)	
Мин. усадка, %		7.7938 (num.1)	
Макс. усадка, %	9.3678 (num.1)		

Таблица 4. Химический состав никель-кобальтового сплава.

Марка	Химический элемент, %												
	Ni	Cr	Al	Co	Ti	W	Mo	B	C	Fe	Si	Mn	Ce
num.1	80	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 5. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки латуней.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	4.047 (Л85)	40.717 (Л85)	8.669 (Л85)
Макс. время кристаллизации, с	5.538 (ЛС40СД)	66.208 (С85700)	12.436 (С85700)
Мин. усадка, %	5.6411 (С85700)	4.9861 (С85700)	5.2753 (С85700)
Макс. усадка, %	9.4873 (ЛС40СД)	7.9069 (ЛС40СД)	8.7189 (ЛС40СД)

Таблица 6. Химический состав латуней.

Марка	Химический элемент, %						
	Cu	Zn	Al	Fe	Ni	Sn	Pb
Л85	85	15	-	-	-	-	-
ЛС40СД	59.5	37.5	0.2	0.5	1	0.3	1
С85700	61.7	35	0.4	0.3	0.6	1	1

Таблица 7. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки оловянных бронз.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	4.321 (БрО5Ц5С5Л)	76.427 (БрО5Ц5С5Л)	12.806 (БрО5Ц5С5Л)
Макс. время кристаллизации, с	7.132 (БрО10)	115.328 (БрО10)	20.164 (БрО10)
Мин. усадка, %	5.7556 (БрО5Ц5С5Л)	4.9954 (БрО5Ц5С5Л)	5.1284 (БрО5Ц5С5Л)
Макс. усадка, %	5.8395 (БрО10)	5.1793 (БрО10)	5.3224 (БрО10)

Таблица 8. Химический состав оловянных бронз.

Марка	Химический элемент, %			
	Cu	Sn	Zn	Pb
БрО5Ц5С5Л	85	5	5	5
БрО10	91	9	-	-

Impact Factor:	ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	ОАЖ (USA) = 0.350

Таблица 9. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки безоловянных бронз.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	52.556 (БрА10Ж4Н4Л)	149.822 (БрА9Ж3Л)	76.417 (БрА9Ж3Л)
Макс. время кристаллизации, с	55.719 (СС330G)	181.518 (СС330G)	87.273 (СС330G)
Мин. усадка, %	8.0377 (СС330G)	5.1522 (СС330G)	6.5785 (СС330G)
Макс. усадка, %	12.5261 (БрА10Ж4Н4Л)	9.7968 (БрА10Ж4Н4Л)	11.1828 (БрА10Ж4Н4Л)

Таблица 10. Химический состав безоловянных бронз.

Марка	Химический элемент, %				
	Cu	Al	Fe	Mn	Ni
БрА10Ж4Н4Л	81	10	4.5	-	4.5
БрА9Ж3Л	87	9	3	-	1
СС330G	90	9	0.5	0.1	0.4

Таблица 11. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки силуминов.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	2.456 (СвА85Т)	55.014 (СвА85Т)	8.195 (СвА85Т)
Макс. время кристаллизации, с	6.821 (Ак21М2.5Н2.5)	220.95 (Ак21М2.5Н2.5)	33.359 (Ак21М2.5Н2.5)
Мин. усадка, %	6.6596 (Ак21М2.5Н2.5)	5.9785 (Ак21М2.5Н2.5)	6.1306 (Ак21М2.5Н2.5)
Макс. усадка, %	9.9022 (Ак6М2)	9.1182 (Ак6М2)	9.4027 (Ак6М2)

Таблица 12. Химический состав силуминов.

Марка	Химический элемент, %										
	Al	Si	Mg	Mn	Cu	Fe	Zn	Ti	Ni	Pb	Sn
СвА85Т	99.5	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-
Ак21М2.5Н2.5	72.25	21	0.45	0.3	2.6	0.5	0.2	0.2	2.5	-	-
Ак6М2	90.89	6	0.4	0.1	2	0.5	0.06	-	0.05	-	-

Таблица 13. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки магниевых сплавов.

Параметр	Материал литейной формы		
	4Х5МФС	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	2.033 (МЛ3)	35.816 (МЛ3)	5.239 (МЛ3)
Макс. время кристаллизации, с	3.577 (МЛ5пч)	67.781 (МЛ5пч)	9.26 (МЛ5пч)
Мин. усадка, %	6.2976 (МЛ5пч)	5.6345 (МЛ5пч)	5.8346 (МЛ5пч)
Макс. усадка, %	6.8123 (Mg-5)	6.2302 (Mg-5)	6.4085 (Mg-5)

Таблица 14. Химический состав магниевых сплавов.

Марка	Химический элемент, %					
	Mg	Al	Zn	Cu	Fe	Mn
МЛ3	95.4	3.1	1	-	-	0.5
МЛ5пч	90.98	8.1	0.7	-	-	0.22
Mg-5	94.68	5	0.3	0.01	0.01	-

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 15. Минимальные и максимальные значения времени кристаллизации и усадки цинковых сплавов.

Параметр	Материал литейной формы		
	4X5MΦC	Кварцевый песок	Керамика
Мин. время кристаллизации, с	4.107 (No.3)	119.383 (No.3)	16.716 (No.3)
Макс. время кристаллизации, с	6.143 (ZA-27)	247.6 (ZA-27)	37.207 (ZA-27)
Мин. усадка, %	5.1649 (No.3)	4.585 (No.3)	4.7765 (No.3)
Макс. усадка, %	7.1988 (ZA-27)	6.747 (ZA-27)	6.836 (ZA-27)

Таблица 16. Химический состав цинковых сплавов.

Марка	Химический элемент, %							
	Zn	Al	Mg	Cu	Fe	Pb	Cd	Sn
№.3	95.85	4	0.04	-	0.1	-	-	-
ZA-27	72.65	25	0.01	2.25	0.07	0.01	0.01	-

Минимальное время кристаллизации сплавов цветных металлов было определено при охлаждении отливок в стальной литейной форме 4X5MΦC, максимальное время – при охлаждении в песчано-глинистой литейной форме. Процесс кристаллизации протекает медленно в безоловянных бронзах. Магнийевый сплав МЛЗ кристаллизуется за 2 с в металлической форме.

Усадка сплавов цветных металлов может достигать 12.52% от изначального объема расплава (безоловянная бронза БрА10Ж4Н4Л). При кристаллизации сплавов цветных металлов в песчано-глинистой форме усадка может уменьшаться на 10-30%. На увеличение усадки никелевых сплавов влияет высокое содержание алюминия и низкое содержание кобальта и хрома, добавление титана, латуней – высокое содержание цинка и железа и низкое содержание меди, оловянных бронз – высокое содержание меди и

олова, безоловянных бронз – высокое содержание железа и никеля и низкое содержание меди, силуминов – высокое содержание алюминия и низкое содержание кремния, магниевых сплавов – низкое содержание цинка, цинковых сплавов – высокое содержание алюминия и низкое содержание цинка.

Заключение

Усадка сплавов цветных металлов больше, чем усадка сталей и чугунов. Безоловянные бронзы имеют высокую усадку после охлаждения в металлической литейной форме. Кристаллизация в песчано-глинистой форме снижает усадку безоловянных бронз на 30%. Изменение процентного содержания основных элементов (алюминий, медь и цинк) и легирующих элементов в сплаве позволяет минимизировать величину усадки отливки.

References:

1. Chemezov, D., Pavluhina, I., Komissarov, A., & Kanishchev, I. (2019). Properties research of grey cast iron in condition of gravity casting into a metal mold. *ISJ Theoretical & Applied Science, 07 (75)*, 1-4.
2. Chemezov, D. (2018). Condition of a casting material of a cylinder block of a car after crystallization in a sand mold. *ISJ Theoretical & Applied Science, 07 (63)*, 145-147.
3. Chemezov, D., Smirnova, L., & Bogomolova, E. (2018). Metal mold casting of cast iron and aluminium pistons. *ISJ Theoretical & Applied Science, 05 (61)*, 132-141.
4. Chemezov, D., Bayakina, A., & Lukyanova, T. (2017). Residual stresses in silumin after high-pressure die casting. *ISJ Theoretical & Applied Science, 11 (55)*, 1-8.
5. Chemezov, D. (2017). Convective heat transfer when cooling of metallic melts. *ISJ Theoretical & Applied Science, 09 (53)*, 1-7.

Impact Factor:

ISRA (India) = **4.971**
ISI (Dubai, UAE) = **0.829**
GIF (Australia) = **0.564**
JIF = **1.500**

SIS (USA) = **0.912**
PIHHI (Russia) = **0.126**
ESJI (KZ) = **8.716**
SJIF (Morocco) = **5.667**

ICV (Poland) = **6.630**
PIF (India) = **1.940**
IBI (India) = **4.260**
OAJI (USA) = **0.350**

6. Chemezov, D. (2017). The mathematical models of shrinkage formation in metallic alloys. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (53), 23-42.
7. Chemezov, D. (2017). The degree of shrinkage porosity in the castings after solidification. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 07 (51), 1-6.
8. Chemezov, D., Bakhmeteva, M., Bayakina, A., Polushin, V., Lukyanova, T., & Igumentseva, A. (2017). Analysis of the manufacturing process of the case-shaped casting in the sand mould. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 06 (50), 14-52.
9. Chemezov, D. (2017). Shrinkage of some metal alloys after solidification. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 06 (50), 87-89.
10. Chemezov, D. (2017). Stress fields in a steel casting. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (49), 165-172.