Научно-производственное предприятие
ОДО «ЭВТЕКТИКА»
Республика Беларусь, Минск

«Материалы и технологические способы управления качеством литья алюминиевых сплавов»

Автор: Королёв С.П. (к.т.н.)

РАЗВИТИЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Повышение эксплуатационной прочности литых деталей

Снижение веса узлов и агрегатов

Повышение технологичности отливок

Снижение затрат на производство продукции автомобилестроения

* Повышение физико-механических свойств сплавов
* Внедрение новых технологий и материалов
* Вовлечение вторичных материалов в производство на основе качественного рециклинга

Классификация литейных алюминиевых сплавов по ГОСТ 1583-93 “Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия”

Группа	Сплавы системы	Область применения
1	Алюминий – кремний - магний (11 сплавов)	Отливки автомобилестроения, общего машиностроения, приборостроения и др.
2	Алюминий – кремний - медь (14 сплавов)	Отливки автомобилестроения, машиностроения с повышенными механическими свойствами
3	Алюминий-медь (2 сплава)	Отливки с высокими механическими свойствами
4	Алюминий - магний (8 сплавов)	Отливки для деталей с высокими статическими и ударными нагрузками
5	Алюминий - прочие компоненты (3 сплава)	Отливки для деталей работающих при повышенных температурах и давлениях

Литейные сплавы на основе алюминий-кремний-магний. Химический состав (основные компоненты)

Марка сплава	Вид продукции	Массовая доля, %					
		Mg	Si	Mn	Ti	Ni	Al
АК12 (АЛ2)	Чушка		10–13				Основа
	Отливка						
АК13 (АК13)	Чушка	0,01–0,2	11–13,5	0,01–0,5			Основа
	Отливка	0,1–0,2		0,1–0,5			
АК9 (АК9)	Чушка	0,25–0,45	8–11	0,2–0,5			Основа
	Отливка	0,2–0,4					
АК9с (АК9с)	Чушка	0,2–0,35	8–10,5	0,2–0,5			Основа
	Отливка						
АК9ч (АЛ4)	Чушка	0,2–0,35	8–10,5	0,2–0,5			Основа
	Отливка	0,17–0,30					
АК9пч (АЛ4-1)	Чушка	0,25–0,35	9–10,5	0,2–0,35	0,08		Основа
	Отливка	0,23–0,30			0,15		
АК8ч (АЛ34)	Чушка	0,40–0,60	6,5–8,5		0,1	Be 0,15–0,4	Основа
	Отливка	0,35–0,55			0,3		
АК7 (АК7)	Чушка	0,2–0,55	6,0–8,0	0,2–0,6			Основа
	Отливка	0,2–0,5					
АК7ч (АЛ9)	Чушка	0,25–0,45	6,0–8,0				Основа
	Отливка	0,2–0,4					
АК7пч (АЛ9-1)	Чушка	0,25–0,45	7,0–8,0		0,08		Основа
	Отливка				0,15		
АК10Су (АК10Су)	Чушка	0,15–0,55	9–11	0,3–0,6		Сурьма 0,10–0,25	Основа
	Отливка	0,1–0,5					

Литейные сплавы на основе алюминий-кремний-медь. Химический состав (основные компоненты)

Марка сплава	Вид продукции	Массовая доля, %						
		Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	Al
АК5М (АЛ5)	Чушка	0,4–0,65	4,5–5,5		1,0–1,5			Основа
	Отливка	0,35–0,6						
АК5Мч (АЛ5-1)	Чушка	0,45–0,6	4,5–5,5		1,0–1,5	0,08–0,15		Основа
	Отливка	0,4–0,55						
АК5М2 (АК5М2)	Чушка	0,2–0,85	4,0–6,0	0,2–0,8	1,5–3,5	0,05–0,20		Основа
	Отливка	0,2–0,80						
АК5М7 (АК5М7)	Чушка	0,3–0,6	4,0–6,5		6,0–8,0			Основа
	Отливка	0,3–0,5						
АК6М2 (АК6М2)	Чушка	0,35–0,50	5,5–6,5		1,8–2,3	0,1–0,2		Основа
	Отливка	0,30–0,45						
АК8М (АЛ32)	Чушка	0,35–0,55	7,5–9,0	0,3–0,5	1,0–1,5	0,1–0,3		Основа
	Отливка	0,3–0,5						
АК5М4 (АК5М4)	Чушка	0,25–0,55	3,5–6,0	0,2–0,6	3,0–5,0	0,05–0,20		Основа
	Отливка	0,2–0,5						
АК8М3 (АК8М3)	Чушка		7,5–10,0		2,0–4,5			Основа
	Отливка							
АК8М3ч (ВАЛ8)	Чушка	0,25–0,50	7,0–8,5	Zn 0,5–1,0	2,5–3,5	0,1–0,25	B 0,005–0,1 Be 0,05–0,25	Основа
	Отливка	0,2–0,45						
АК9М2 (АК9М2)	Чушка	0,25–0,85	7,5–10,0	0,1–0,4	0,5–2,0	0,05–0,2		Основа
	Отливка	0,2–0,8						
АК12М2 (АК11М2, АК12М2, АК12М2р)	Чушка		11,0–13,0		1,8–2,5	Fe0,6–0,9		Основа
	Отливка					Fe 0,6–1,0		
АК12ММгН (АЛ30)	Чушка	0,85–1,35	11,0–13,0		0,8–1,5		0,8–1,5	Основа
	Отливка	0,8–1,3						
АК12М2 МгН (АЛ25)	Чушка	0,85–1,35	11,0–13,0	0,3–0,6	1,5–3,0	0,05–0,20	0,8–1,5	Основа
	Отливка	0,8–1,3						
АК12М2, 5Н2,5 (ВКЖЛС-2)	Чушка	0,3–0,6	20,0–22,0	0,2–0,4	2,2–3,0	0,1–0,3	2,2–2,8	Al – основа Cr 0,2–0,4
	Отливка	0,2–0,5						

Литейные сплавы на основе алюминий-медь. Химический состав (основные компоненты)

Марка сплава	Вид продукции	Массовая доля, %						
		Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	Al
АМ5 (АЛ19)	Чушка			0,6–1,0	4,5–5,3	0,15–0,35		Основа
	Отливка							
АМ4,5Кд (ВАЛ10)	Чушка			0,35–0,8	4,5–5,1	0,15–0,35	Cd 0,07–0,25	Основа
	Отливка							

Литейные сплавы на основе алюминий-магний. Химический состав (основные компоненты)

Марка сплава	Вид продукции	Массовая доля, %						
		Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	Al
АМг4К1,5М (АМг4К1,5М1)	Чушка Отливка	4,5–5,2	1,3–1,7	0,6–0,9	0,7–1,0	0,10–0,25	Be 0,002–0,004	Основа
АМг5К (АЛ13)	Чушка Отливка	4,5–5,5	0,8–1,3	0,1–0,4				Основа
АМг5Мц (АЛ28)	Чушка Отливка	4,8–6,3		0,4–1,0		0,05–0,15		Основа
АМг6л (АЛ23)	Чушка Отливка	6,0–7,0	Zr 0,05–0,20	Be 0,02–0,10		0,05–0,15		Основа
АМг10 (АЛ27)	Чушка Отливка	9,5–10,5	Zr 0,05–0,20	Be 0,05–0,15		0,05–0,15		Основа
АМг10ч (АЛ27-1)	Чушка Отливка	9,5–10,5	Zr 0,05–0,20	Be 0,05–0,15		0,05–0,15		Основа
АМг11 (АЛ22)	Чушка Отливка	10,5–13,0	0,8–1,2	Be 0,03–0,07		0,05–0,15		Основа
АМг7 (АЛ29)	Чушка Отливка	6,0–8,0	0,5–1,0	0,25–0,60				Основа

Литейные сплавы на основе системы алюминий – прочие компоненты

Марка сплава	Вид продукции	Массовая доля, %										
		Mg	Si	Zn	Cu	Ti	Fe	Mn	Ni	Zr	Pb +Sn	Al
АК7Ц9 (АЛ11)	Чушка / отливка	0,15-0,35 / 0,1-0,3	6,0-8,0	7,0-12,0	До 0,60	-	-	До 0,50	-	-	-	основа
АК9Ц9 (АК9Ц9р)	Чушка / отливка	0,35-0,55 / 0,3-0,5	8,0-10,0	7,0-12,0	До 0,60	-	0,3-1,0	0,1 0,6	До 0,3	-	До 0,3	основа
АК4Мг АЛ24	Чушка / отливка	1,55-2,05 / 1,5-2,0	До 0,3	3,5-4,5	До 0,20	0,1-0,2	Бериллий до 0,10	0,2-0,5	-	До 0,1	-	основа

Задача → **Получение качественных отливок**

Получение качественных сплавов

- **Дегазация**
  - Продувка инертными газами
  - Обработка таблетированными препаратами
  - Комбинированная обработка
- **Рафинирование**
  - Обработка флюсами
  - Фильтрация
  - Комбинированная обработка
- **Модифицирование**
  - Обработка лигатурами
  - Введение модифицирующих присадок (таблетки и др.)

Получение качественного формообразования

- Литье в кокиль
- Литье под низким и высоким давлением
- Литье в разовые формы

Факторы влияющие на качество отливок

- Качество исходных, формовочных, шихтовых и вспомогательных материалов
- Уровень механизации и автоматизации технологического процесса
- Соблюдение технологического процесса на всех стадиях производства
- Организация производства и хозяйственный механизм управления литейным цехом

Классификация дефектов отливок

Явные	- Внешний осмотр - Применение специальных методов, средств и правил
Скрытые	- Методы не предусмотренные нормативной документацией
Критические	Недопустима эксплуатация отливок
Значительные	Существенно влияют на эксплуатацию
Малозначительные	Не влияют на эксплуатацию и долговечность
Устранимые	Устранение целесообразно для эксплуатации
Неустранимые	Устранение невозможно технически

Характерные дефекты при литье в кокиль

ЗАЛИВ

- Оборудование
- Стержни

ГАЗОВЫЕ РАКОВИНЫ И ПОРИСТОСТЬ

- Температура кокиля
- Недостаточная вентиляция
- Шихта
- Дегазация
- Перегрев металла
- Литникова-питающая система

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

- Шлак
- Окисление расплава

НЕДОЛИВ И СПАЙ

- Низкая жидкотекучесть
- Литникова-питающая система
- Холодный кокиль

ТРЕЩИНЫ

- Неравномерное охлаждение отливки
- Нетехнологичность конструкции отливки
- Местный перегрев отливки

УСАДОЧНЫЕ РАКОВИНЫ И ПОРИСТОСТЬ

- Недомодифицированность расплава
- Нетехнологичность конструкции отливки и литниково-питающей системы
- Неоптимальное охлаждение отливки

Характерные дефекты в отливках, изготовленных под давлением

Трещины

Неслитина, спай

Недолив

Нечеткое оформление рельефа отливки

Газовые раковины и пористость

Усадочные раковины и пористость

Приваривание сплава к пресс-форме

Задир на поверхности пресс-формы

Узорчатая поверхность «мороз», следы потоков металла

Основные виды дефектности отливок по металлургическим факторам

Твёрдые неметаллические включения

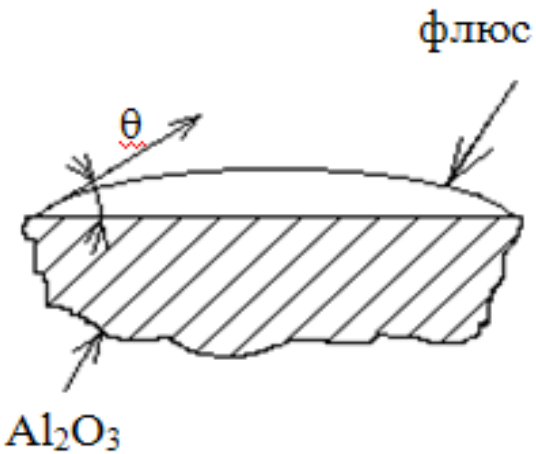
- оксидные плёны
- силицидные включения
- сложные комплексные неметаллические включения

Газоусадочная пористость

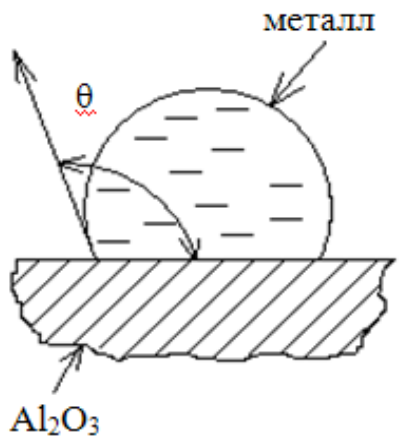
- водород
- температурный режим кристаллизации

Рафинирование

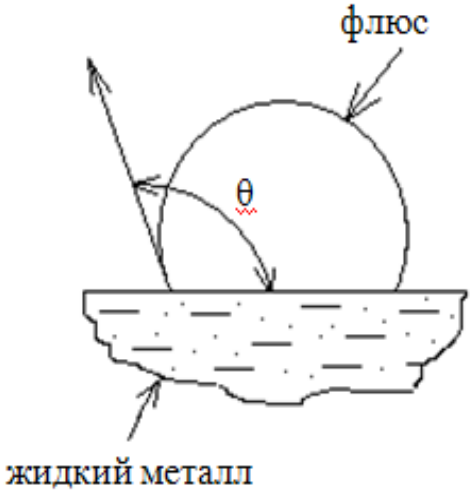
Поверхностные явления, происходящие на границах металл – неметаллические включения



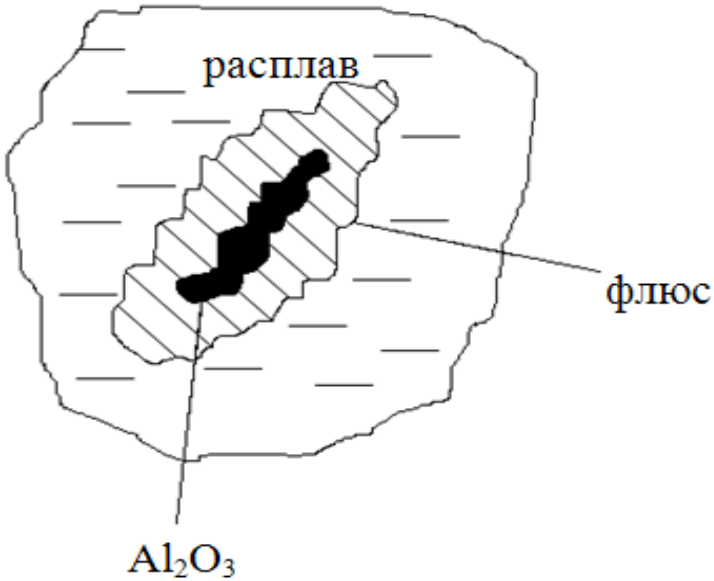
а



б



в



σ – поверхностное натяжение

θ – краевой угол смачивания

$$\sigma_{Al\text{-оксид}} > \sigma_{флюс\text{-}Al} > \sigma_{флюс\text{-оксид}}$$

$$\theta_{Al\text{-оксид}} > \theta_{флюс\text{-}Al} > \theta_{флюс\text{-оксид}}$$

Дегазация

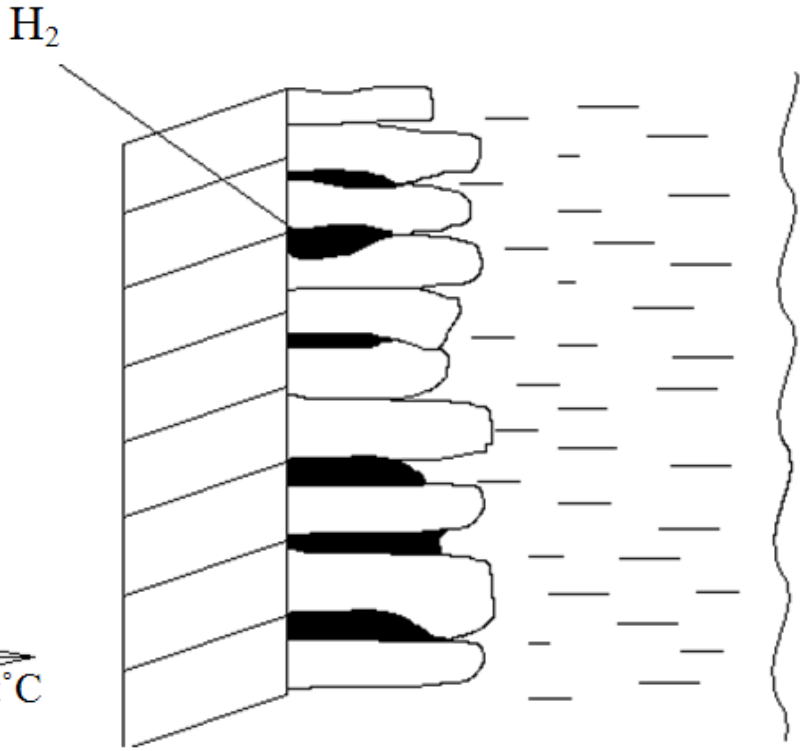
при $T=(T_{пл.}+100^{\circ}C)$ растворяется до 1 $см^3$ водорода в 100 граммах расплава

при $T=20^{\circ}C$ растворяется до 0,05 $см^3$ водорода в 100 граммах расплава

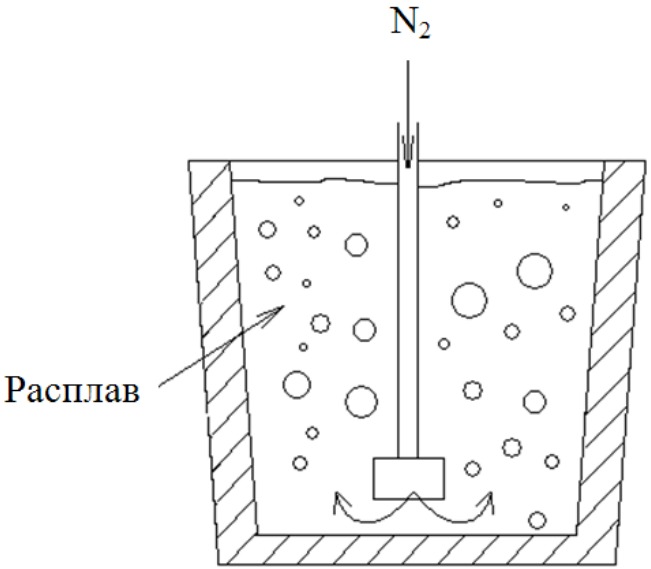
$$П = \frac{[H_{Me.ж.}] - [H_{Me.тв.}]}{[H_{Me.тв.}]}$$

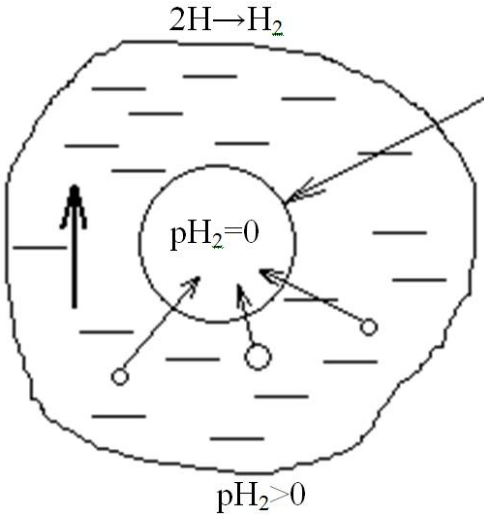
П – коэффициент потенциального пересыщения расплава

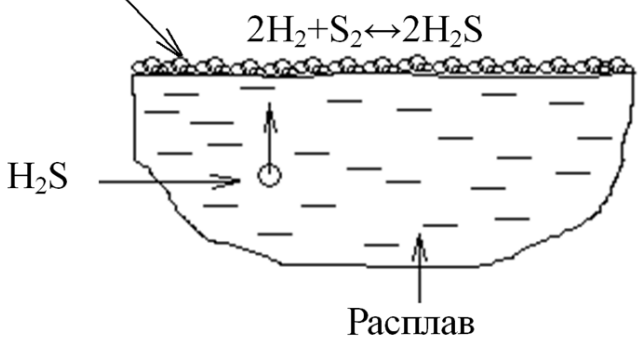
[H] – содержание растворённого водорода в жидком и твёрдом металле



Схемы удаления водорода





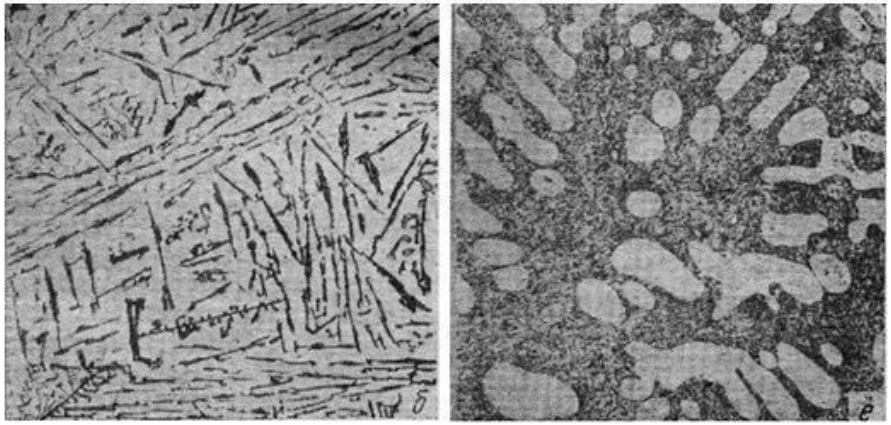


Механизмы:

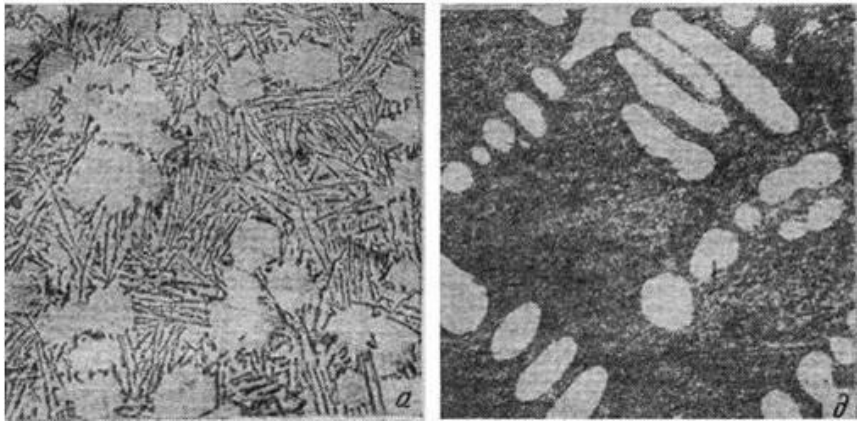
- диффузия [H] к пузырьку
- адсорбция [H] на пузырьке
- переход границы
- образование H_2
- выход на поверхность: металл-шлак

Модифицирование

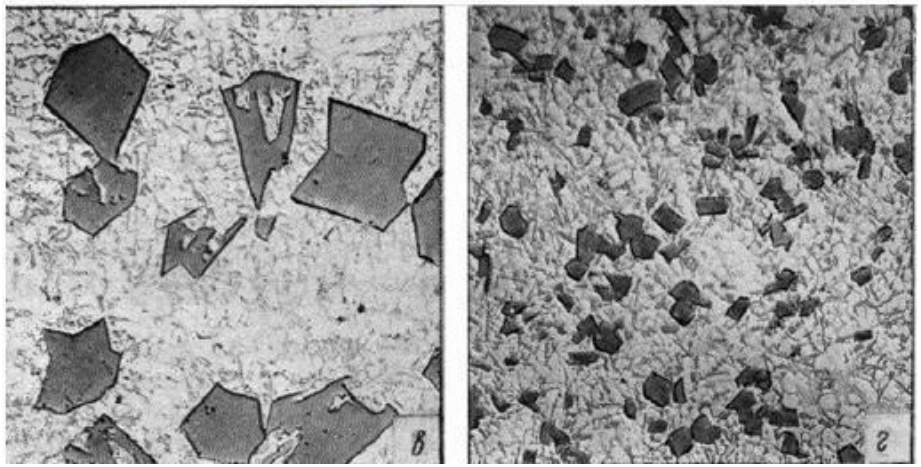
эвтектика (Al-Si)



$\alpha_{тв}$ раствор Al



β_{Si}-фаза



www.evtektika.com, г. Минск, Беларусь

Препараты, производимые научно-производственным предприятием ОДО «ЭВТЕКТИКА»

Для рафинирования
- флюс покровно-рафинирующий
- композиция флюсовая комплексная
- «Препарат флюсовой»

Для дегазации → таблетка дегазирующая
- для доэвтектических силуминов, технического алюминия
- для деформируемых и литейных сплавов

Для модифицирования
- таблетка модифицирующая
  - эвтектика Al-Si
  - β_{Si}-фаза
- флюс модифицирующий → эвтектика Al-Si
- препарат таблетированный → $\alpha_{тв}$ раствор

Материалы, производимые научно-производственным предприятием ОДО “Эвтектика”

Для окрашивания кокилей

- Покрытие разделительное краска для кокилей
- Покрытие кокильное для литья алюминиевых сплавов (НТ, СТ, ВТ)

Для окрашивания литейного инструмента и ковшей

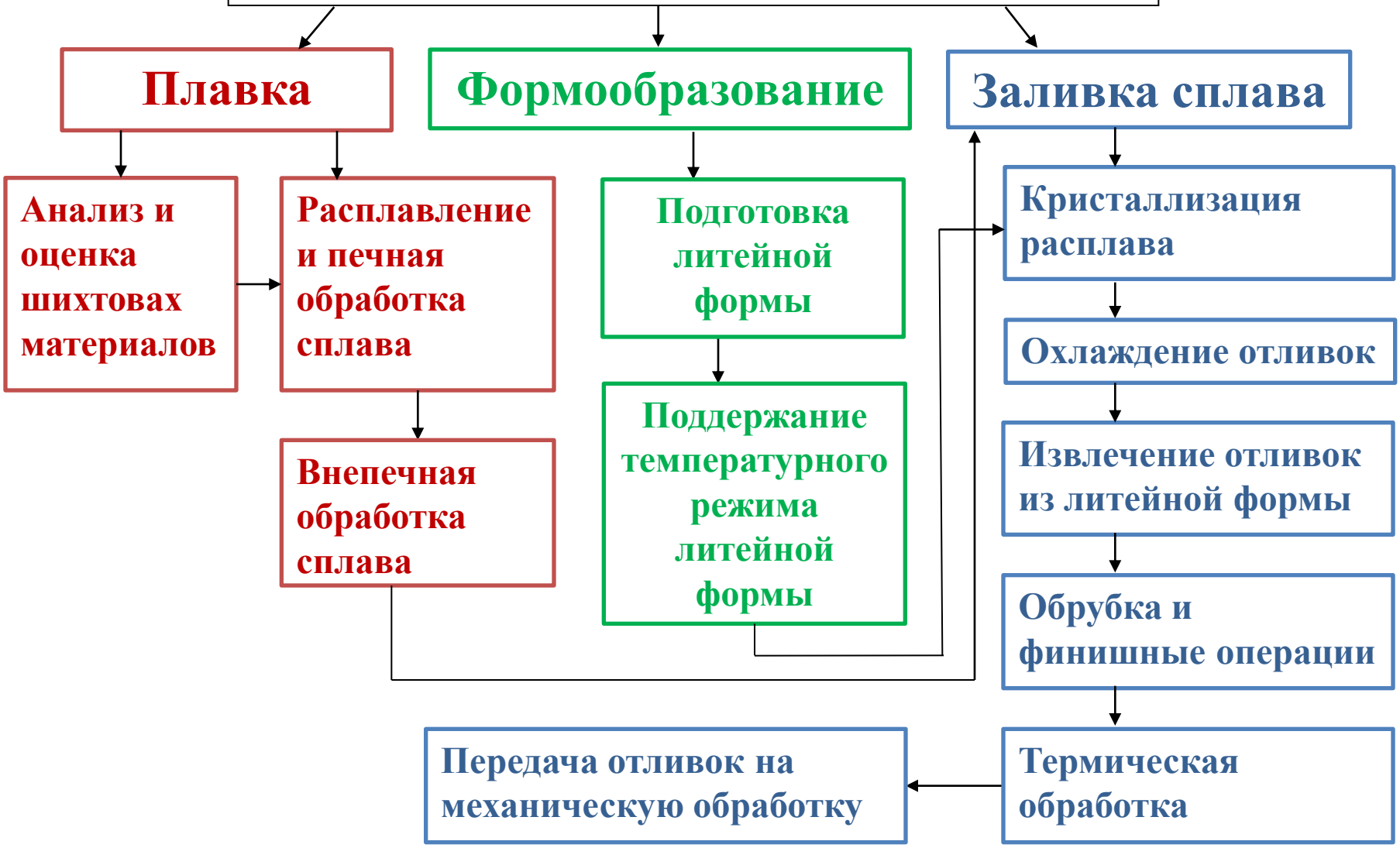
- Покрытие разделительное краска для литейного инструмента
- Покрытие разделительное для изложниц ПРИ-10

Материалы, производимые научно-производственным предприятием ОДО “Эвтектика”

Для машин ЛПД

- Покрытие разделительное смазка для пресс-форм машин ЛПД водоэмульсионная (СВ-3, СВ-4)
- Покрытие разделительное смазка для плунжерной пары машин ЛПД (жидкая, паста, гранулы)

Алгоритм процесса получения качественных отливок



Материалы и технологии ОДО «Эвтектика»

С перечнем нашей продукции можно ознакомиться на сайте:

www.evtektika.com

или по тел: + 375-17 – 354 45 01
+ 375-17 – 390 92 94
+ 375-29 – 630 87 06

Приглашаем к сотрудничеству

Спасибо за внимание