

# Литейное производство

Литейное производство  
цветных металлов и сплавов

Литейное производство  
черных металлов и сплавов

Производство  
сплавов

Фасонно-  
литейное  
производство

Производство  
слитков

Фасонно-  
литейное  
производство

# Основные способы литья

## 1. Заготовительное литье

- ▣ Литье слитков в изложницы
- ▣ Непрерывное и полунепрерывное литье слитков
- ▣ Совмещенные методы литья и прокатки

## 2. Фасонное литье

- ▣ Литье в разовые формы
  - Литье в песчано-глинистые формы
  - Литье в оболочковые формы
  - Литье по выплавляемым моделям
- ▣ Литье в формы многократного использования
  - Литье в кокиль
  - Литье под давлением
  - Центробежное литье
  - Другие способы литья

## Требования, предъявляемые к металлам и сплавам, используемым для изготовления отливок

- Состав их должен обеспечивать получение в отливке заданных физических, физико-механических, физико-химических свойств
- Свойства и структура должны оставаться стабильными в течение эксплуатации отливок
- Обладать хорошими литейными свойствами
- Легко обрабатываться режущим, абразивным или иным инструментом и хорошо свариваться
- Обеспечивать технологичность в условиях массового производства, взаимную совместимость отливок из разных сплавов в конструкциях
- Отходы при изготовлении отливок должны быть минимальными



# Кроме того

литейные сплавы должны иметь:

- Низкую температуру плавления
- Небольшую усадку при затвердевании и охлаждении
- Незначительную способность в жидком состоянии к поглощению газов
- Незначительную ликвацию
- Благоприятное кристаллическое строение

# По содержанию легирующих компонентов

- Низколегированные  
(менее 2,5% легирующих компонентов)
- Среднелегированные  
(2,5 – 10% легирующих компонентов)
- Высоколегированные  
(более 10% легирующих компонентов)

# Степень чистоты металлов

- Пониженной чистоты
- Средней чистоты
- Повышенной чистоты
- Высокой чистоты
- Особой чистоты

# Свойства жидких металлов и сплавов



### Некоторые свойства металлов

	Hg	Sn	Pb	Zn	Mg	Al	Ca	Cu	Mn	Si	Ni	Fe	Ti	Zr	Cr	Mo	W	H <sub>2</sub> O
Температура плавления, °С	- 39	232	327	419	650	660	850	1083	1240	1430	1455	1539	1670	1850	1880	2620	3400	
Плотность при комнатной температуре, г/см <sup>3</sup>	13,54	7,3	11,3	7,1	1,7	2,7	1,54	8,92	7,5	2,3	8,9	7,87	4,5	6,5	7,2	10,2	19,2	
Плотность при температуре плавления, г/см <sup>3</sup>	13,57	7,0	10,7	6,6	-	2,37	-	7,9	-	2,5	7,9	7,0	-	-	-	-	-	
Изменение удельного объема при плавлении, %	3,7	3,5	3,2	4,1	4,2	5,1	-	5,3	-	-5,0	3,1	3,2	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	
Поверхностная энергия, мДж/м <sup>2</sup>	450	550		760	550	850		1250			1800	1850	1650			2250	2500	76
Динамическая вязкость, мПа·с	1,6	1,7		3,2	1,3	1,2		3,5			4,5	5,5						1,8
Температура кипения, °С	357	2600	1900	905	1100	2500	1500	2500	2100	3200	2900	2900	3100	4300	2500	4600	5500	
Давление пара при температуре плавления, Па	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-21</sup>	10 <sup>-6</sup>	13,3	520	10 <sup>-6</sup>	270	0,13	133	0,13	1,3	1,3	1,3	10 <sup>-3</sup>	1020	1,3	1,3	



# Температура плавления

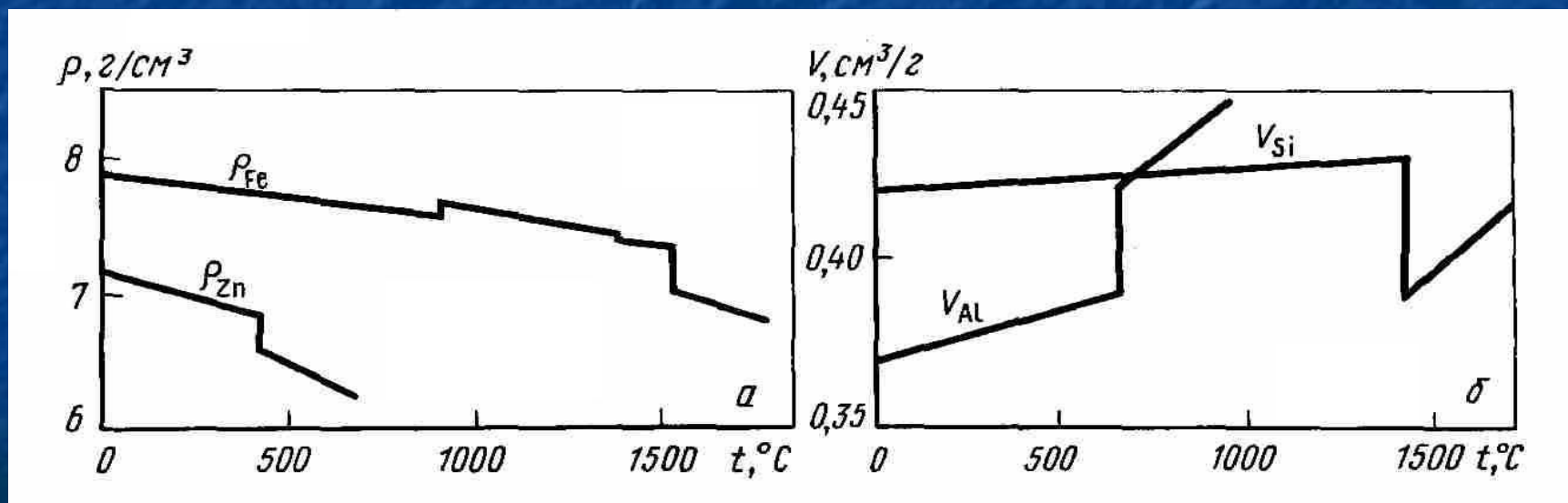
- Легкоплавкие -  $t_{\text{пл}} < 500^{\circ}\text{C}$
- Со средней температурой плавления -  $500^{\circ}\text{C} < t_{\text{пл}} < 1000^{\circ}\text{C}$
- С высокой температурой плавления -  $1000^{\circ}\text{C} < t_{\text{пл}} < 1500^{\circ}\text{C}$
- Тугоплавкие -  $t_{\text{пл}} > 1500^{\circ}\text{C}$

# Плотность и удельный объем металлов и сплавов

$$V = 1 / \rho$$

$$V_{ТВ}^t = V^{20^\circ\text{C}} (1 + \beta_{ТВ} \Delta t)$$

$$V_{Ж}^t = V_{Ж}^{t_{пл}} (1 + \beta_{Ж} \Delta t)$$



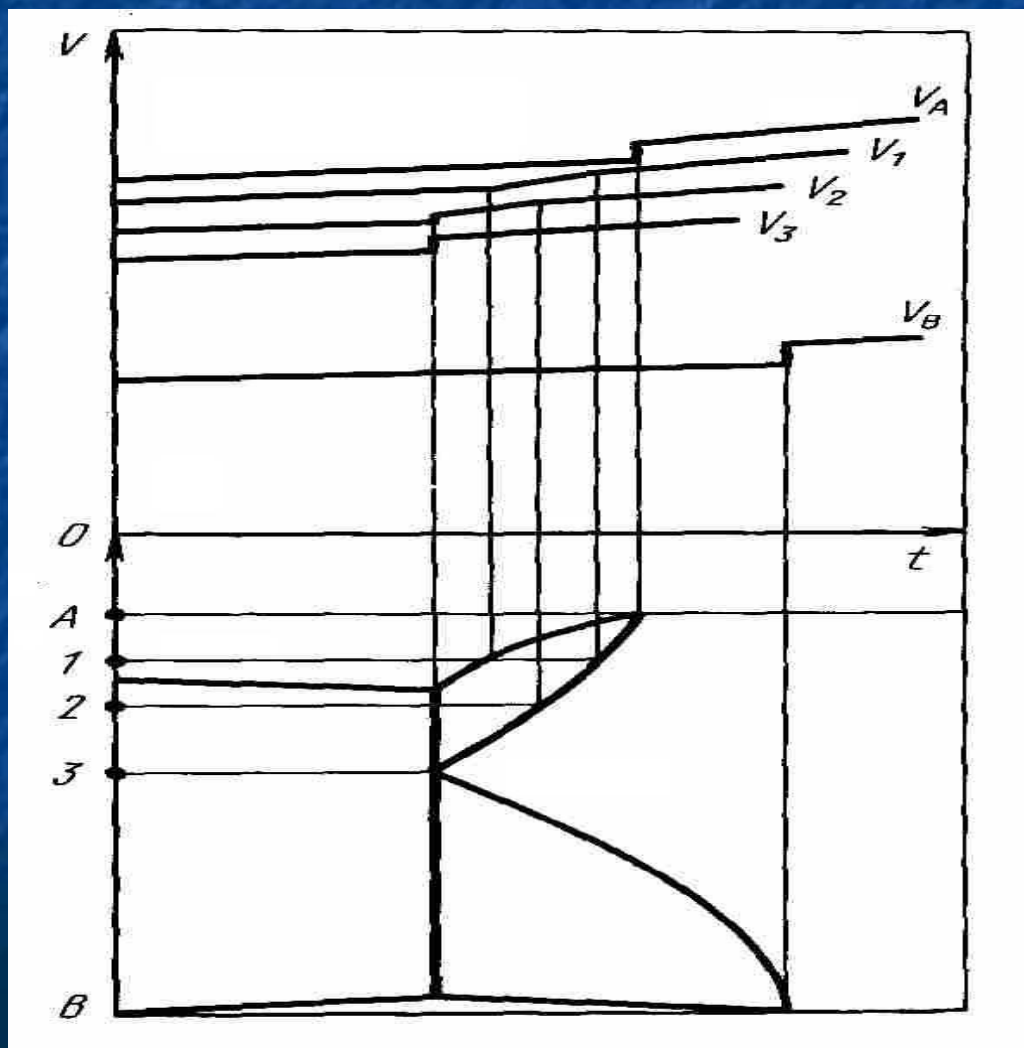
# Плотность сплавов

- $\rho_{\text{спл}} = 100 / (X_A / \rho_A + X_B / \rho_B + X_C / \rho_C)$

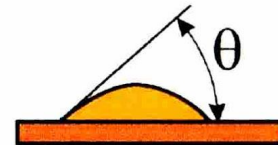
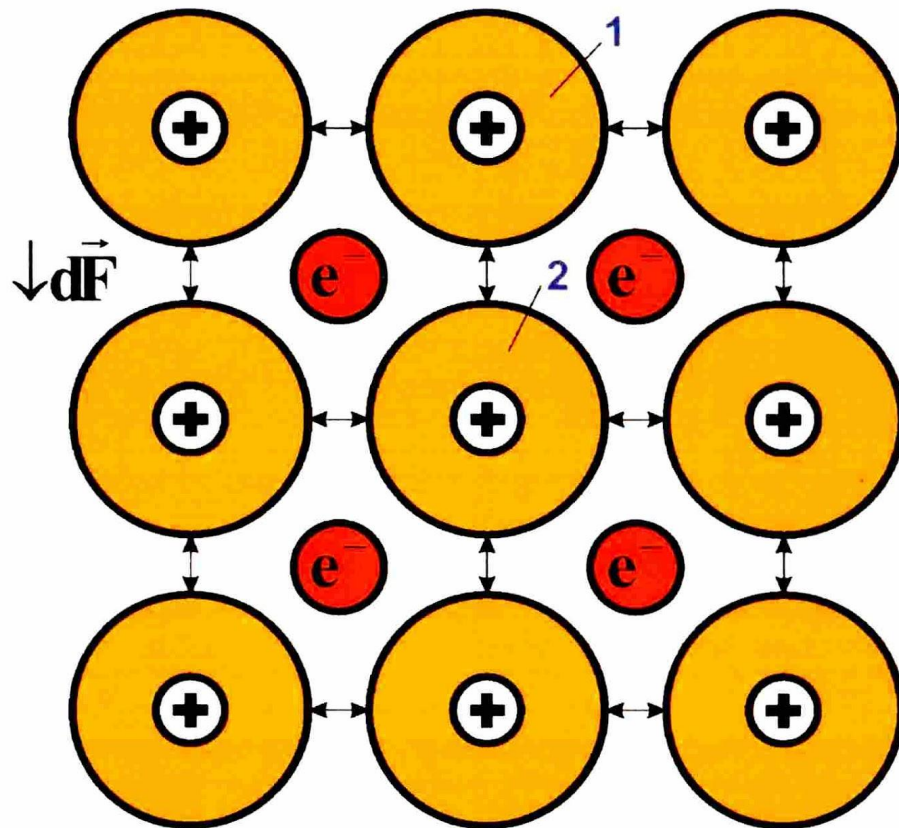
- $100V_{\text{спл}} = X_A v_A + X_B v_B + X_C v_C$



# Изменение удельного объема чистых компонентов и сплавов



## ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ И КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ РАСПЛАВОВ



$$0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

Смачивание



$$90^\circ < \theta \leq 180^\circ$$

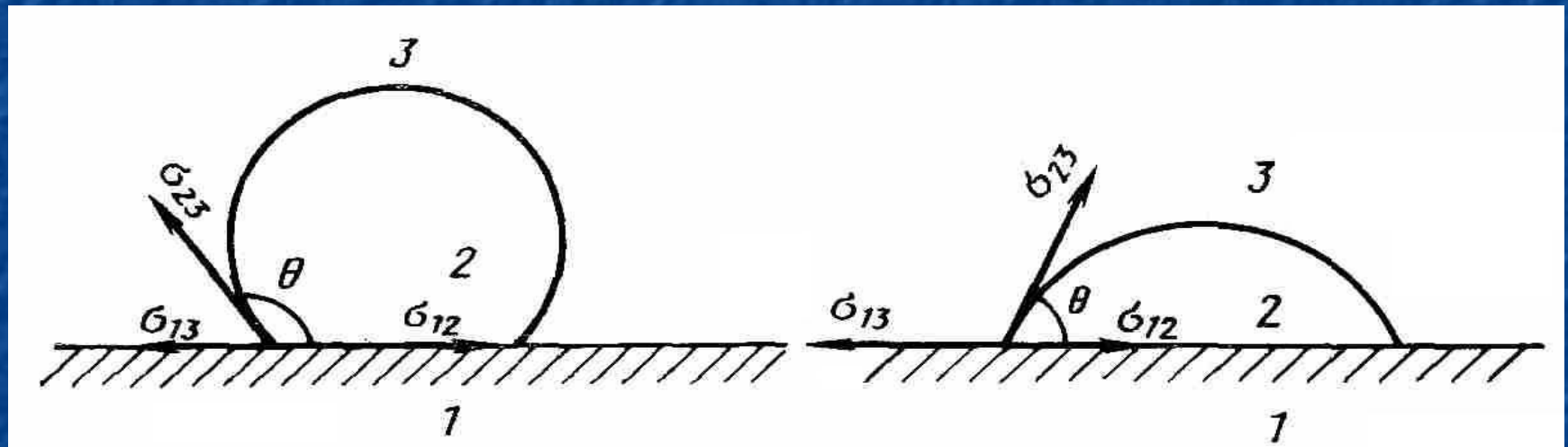
Несмачивание

$$\sigma = \frac{dF}{dl}; \quad \sigma = \frac{dA}{dS};$$

$$\cos \Theta = \frac{\sigma_{\phi r} - \sigma_{r\phi}}{\sigma_{pr}}$$

- 1 - НЕУРАВНОВЕШЕННАЯ ЧАСТИЦА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ РАСПЛАВА;
- 2 - УРАВНОВЕШЕННАЯ ЧАСТИЦА ВНУТРЕННИХ СЛОЕВ РАСПЛАВА.

# Смачивание твердого тела жидкостью в среде газа



$\theta > 90^\circ$

$\theta < 90^\circ$

$$\cos \theta = (\sigma_{13} - \sigma_{12}) / \sigma_{23}$$



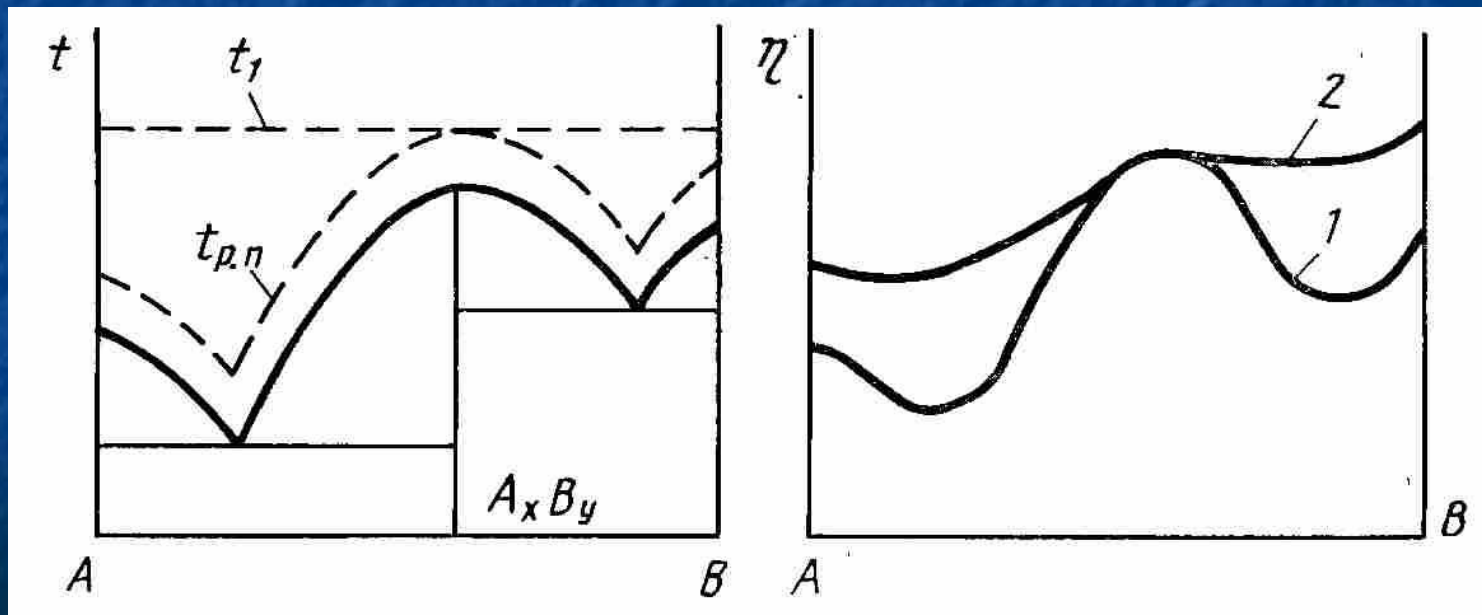
### Некоторые свойства металлов

	Hg	Sn	Pb	Zn	Mg	Al	Ca	Cu	Mn	Si	Ni	Fe	Ti	Zr	Cr	Mo	W	H <sub>2</sub> O
Температура плавления, °С	- 39	232	327	419	650	660	850	1083	1240	1430	1455	1539	1670	1850	1880	2620	3400	
Плотность при комнатной температуре, г/см <sup>3</sup>	13,54	7,3	11,3	7,1	1,7	2,7	1,54	8,92	7,5	2,3	8,9	7,87	4,5	6,5	7,2	10,2	19,2	
Плотность при температуре плавления, г/см <sup>3</sup>	13,57	7,0	10,7	6,6	-	2,37	-	7,9	-	2,5	7,9	7,0	-	-	-	-	-	
Изменение удельного объема при плавлении, %	3,7	3,5	3,2	4,1	4,2	5,1	-	5,3	-	-5,0	3,1	3,2	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	
Поверхностная энергия, мДж/м <sup>2</sup>	450	550		760	550	850		1250			1800	1850	1650			2250	2500	76
Динамическая вязкость, мПа·с	1,6	1,7		3,2	1,3	1,2		3,5			4,5	5,5						1,8
Температура кипения, °С	357	2600	1900	905	1100	2500	1500	2500	2100	3200	2900	2900	3100	4300	2500	4600	5500	
Давление пара при температуре плавления, Па	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-21</sup>	10 <sup>-6</sup>	13,3	520	10 <sup>-6</sup>	270	0,13	133	0,13	1,3	1,3	1,3	10 <sup>-3</sup>	1020	1,3	1,3	

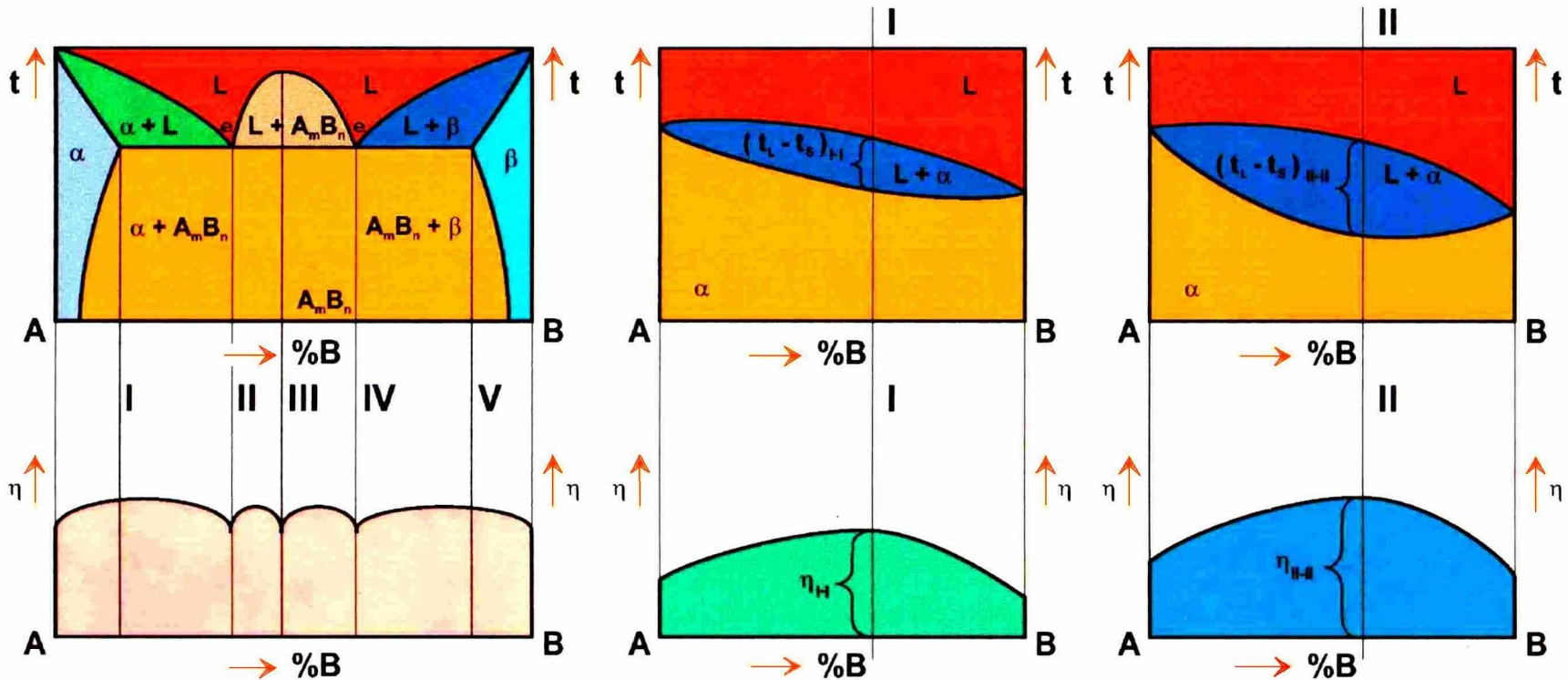
# Вязкость жидких металлов

$$\eta = F/S (\Delta v/\Delta x)$$

где  $F$  – сила,  $S$  – площадь соприкосновения слоев жидкости,  
 $\Delta v/\Delta x$  – градиент скорости в направлении, перпендикулярном движению слоев



## СВЯЗЬ ВЯЗКОСТИ РАСПЛАВОВ С ДИАГРАММАМИ СОСТОЯНИЯ



I, II, III, IV, V - сплавы ;  
 $\eta_A$ ;  $\eta_B$ ;  $\eta_{II}$ ;  $\eta_{III}$ ;  $\eta_{IV}$  - min ;  
 $\eta_I$ ;  $\eta_V$  - max .

I-I, II-II - сплавы ;  
 $(t_L - t_S)_{I-I} < (t_L - t_S)_{II-II} \Rightarrow \eta_{I-I} < \eta_{II-II}$



### Некоторые свойства металлов

	Hg	Sn	Pb	Zn	Mg	Al	Ca	Cu	Mn	Si	Ni	Fe	Ti	Zr	Cr	Mo	W	H <sub>2</sub> O
Температура плавления, °С	- 39	232	327	419	650	660	850	1083	1240	1430	1455	1539	1670	1850	1880	2620	3400	
Плотность при комнатной температуре, г/см <sup>3</sup>	13,54	7,3	11,3	7,1	1,7	2,7	1,54	8,92	7,5	2,3	8,9	7,87	4,5	6,5	7,2	10,2	19,2	
Плотность при температуре плавления, г/см <sup>3</sup>	13,57	7,0	10,7	6,6	-	2,37	-	7,9	-	2,5	7,9	7,0	-	-	-	-	-	
Изменение удельного объема при плавлении, %	3,7	3,5	3,2	4,1	4,2	5,1	-	5,3	-	-5,0	3,1	3,2	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	
Поверхностная энергия, мДж/м <sup>2</sup>	450	550		760	550	850		1250			1800	1850	1650			2250	2500	76
Динамическая вязкость, мПа·с	1,6	1,7		3,2	1,3	1,2		3,5			4,5	5,5						1,8
Температура кипения, °С	357	2600	1900	905	1100	2500	1500	2500	2100	3200	2900	2900	3100	4300	2500	4600	5500	
Давление пара при температуре плавления, Па	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-21</sup>	10 <sup>-6</sup>	13,3	520	10 <sup>-6</sup>	270	0,13	133	0,13	1,3	1,3	1,3	10 <sup>-3</sup>	1020	1,3	1,3	

Атмосферное давление – 101325 Па

## Электрические свойства металлов

	Hg	Sn	Pb	Zn	Mg	Al	Ca	Cu	Mn	Si	Ni	Fe	Ti	Zr	Cr	Mo	W	H <sub>2</sub> O
Электросопротивление твердого металла при комнатной темп., мкОм·см	96 (жидк)	11	19	6	4	2,6		1,7		$10^3 - 10^6$	8	10	40	44	13	5	5	
Электросопротивление твердого металла при темп. плавления, мкОм·см	-	25	50	17	15	11		10		2400	65	130	80	-	120	85	100	
Электросопротивление жидкого металла при темп. плавления, мкОм·см	-	48	95	37	27	24		21		80	85	140	175	158	150	-	130	

## Тепловые свойства металлов

Удельная теплота плавления, Дж/г		59	22	105	376	398		201		1800	297	247	350			360		
Молярная теплота плавления, кДж/моль		7,1	5,0	7,1	8,9	10,8		13		48	17	16	17			35		
Удельная теплоемкость в жидком состоянии, Дж/(г·К)		0,27	0,14	0,48	1,38	1,1		0,5		1,78	0,64	0,7	0,7			0,44		
Молярная теплоемкость, Дж/(моль·К)		32	30	31	33	29,7		32		25	33	40	33			42		
Теплопроводность жидких металлов, Вт/(м·К)		30	16	60		70		170		52		25						
Теплопроводность твердых металлов, Вт/(м·К)		60	30	90		150		270		52		30						