

**НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ТЕКСТУРЫ И
ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Раздел 9

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ТЕКСТУРООБРАЗОВАНИЕ

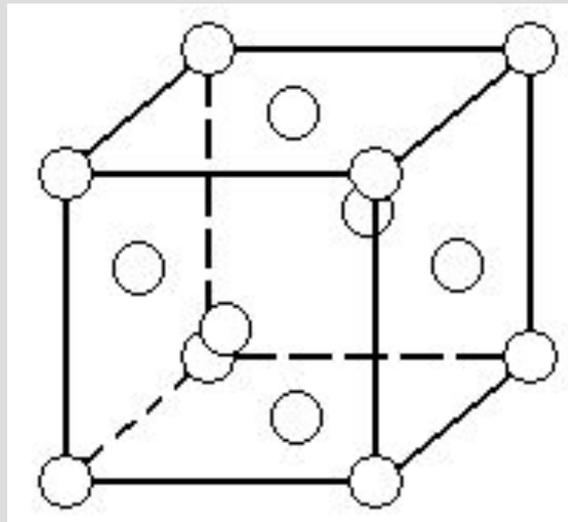
Введение

Наиболее распространенным видом текстуры металлов и сплавов является **текстура пластической деформации**, которая осуществляется механизмом **скольжения** и **двойникования**.

Скольжение происходит в определенной кристаллографической системе $\{hkl\} \langle uvw \rangle$: в плоскостях $\{hkl\}$, наиболее густо усаженных атомами, и в направлениях $\langle uvw \rangle$, вдоль которых расстояние между атомами минимально.

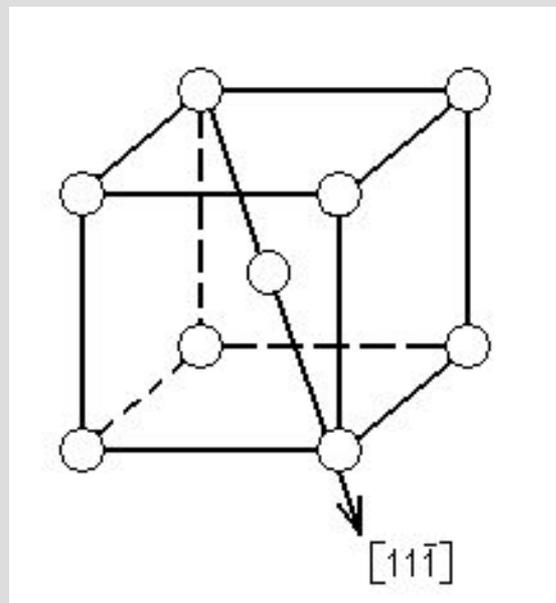
Скольжение в металлах с ГЦК решеткой

В плотноупакованных материалах с ГЦК решеткой скольжение при комнатной температуре осуществляется в основном в октаэдрических плоскостях $\{111\}$ вдоль $\langle 110 \rangle$, т. е. в одной или нескольких из 12 возможных систем скольжения.



Скольжение в металлах с ОЦК решеткой

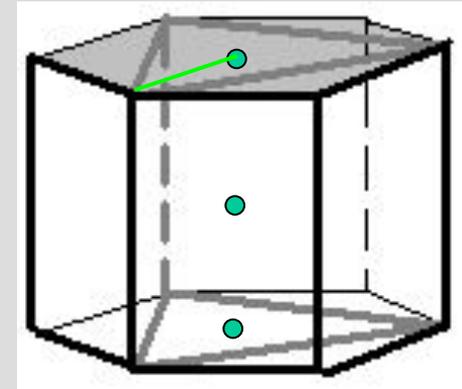
В материалах с ОЦК решеткой нет плоскостей с высокой плотностью упаковки и скольжение может происходить в 48 возможных системах скольжения в плоскостях $\{110\}$, $\{112\}$ или $\{123\}$, но в общем направлении $\langle 111 \rangle$.



Скольжение в металлах с ГПУ решеткой

В материалах с ГПУ решеткой при отношении периодов, большем, чем это характерно для идеальной компактной решетки, т. е. при $c/a > 1,633$, скольжение в основном проходит в двух возможных системах скольжения в базисных плоскостях $\{0001\}$ вдоль $\langle 11\bar{2}0 \rangle$.

Если же $c/a < 1,633$, то возрастает роль внебазисного скольжения в призматических $\{10\bar{1}0\}$ и пирамидальных $\{10\bar{1}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$ плоскостях, что ведет к увеличению числа возможных систем скольжения.



Скольжение

Скольжение может происходить в одной или нескольких из возможных систем в зависимости от их ориентации по отношению к осям напряжений. Оно начинается при условии, что касательное скалывающее напряжение (τ) в данной системе скольжения превосходит определенное для данного материала и режима деформации критическое напряжение сдвига $\tau_{кр}$.

$$\tau > \tau_{кр}$$

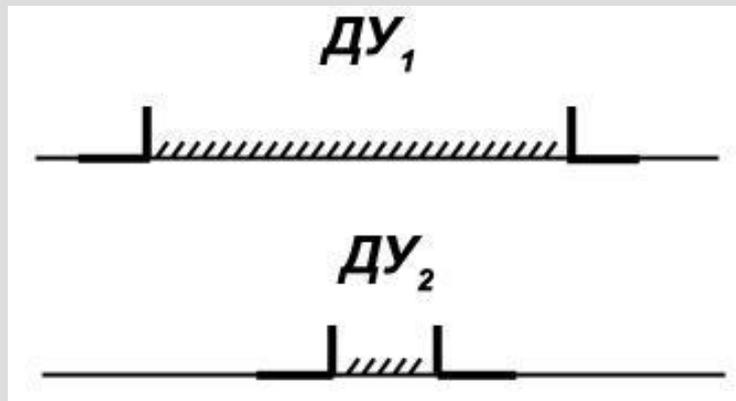
Скольжение

Для малых степеней и относительно невысоких гомологических температур деформации *скольжение* начинается *в одной, первичной системе, для которой напряжение τ раньше всего превзойдет $\tau_{кр}$* .

При повышении температуры или степени деформации в скольжении начинают участвовать новые из возможных систем, т. е. развивается множественное скольжение, которое возникает у границ зерен и распространяется постепенно по объему зерен. При этом могут также инициироваться дополнительные системы скольжения, например развиваться неоктаэдрическое скольжение в плоскостях $\{100\}$ для металлов с ГЦК решеткой.

*Характер и развитие пластической деформации в металлах и сплавах зависят также от возможности образования в них **дефектов упаковки.***

Дефекты упаковки (ДУ), обусловленные нарушением порядка в укладке слоев атомов, возникают при расщеплении полной дислокации на частичные в плоскости скольжения. Они появляются с тем большей вероятностью, чем ниже энергия (ЭДУ, γ , Дж/м²), необходимая для их образования.



Для металлов и сплавов с ГЦК решеткой ЭДУ может меняться в широком диапазоне. Для материалов с ОЦК решеткой ЭДУ, как правило, велика. Образованию ДУ способствует анизотропное распределение упругой энергии в решетке.

Для металлов с ГЦК решеткой при прочих равных условиях ЭДУ тем ниже, чем больше коэффициент анизотропии упругих свойств.

**Анизотропия свойств и энергия дефектов упаковки некоторых металлов
и сплавов*1**

Материал	$\gamma \cdot 10^3, \text{Дж/м}^2$	$\frac{\gamma}{Gb} \cdot 10^3$	$(E_{111})_{\text{max}}$	$(E_{100})_{\text{min}}$	A^{*2}
			10 МПа		

Г ц к решетка

Al	200	20	0,77	0,64	1,22
Ni	290±50	12	0,83	0,67	2,45
Cu	60±40	6,0	2,10	0,68	3,22
12X18H10T,	13—15	1,0	—	—	—
Л68	10—15	1,0	—	—	—
BrA7	2—4	0,2	—	—	—

Продолжение

Материал	$\gamma \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$	E_{111}	E_{110}	E_{100}	A
		10 МПа			

О ц к решетка

W	300	3,8	2,87	3,87	1,00
Mo	300	2,55	3,60	2,74	0,89
Cr	300	—	—	—	0,71
Nb	30	0,81	1,50	0,91	0,51
Ga	110	2,18	1,47	1,94	1,58
V	110	—	—	—	0,79
Fe _α	140	2,83	1,32	2,17	2,40
Fe—3% Si	40	2,95	1,18	2,00	2,90

Влияние легирования на ЭДУ

Легирование металла с образованием твердого раствора замещения (внедрения) понижает ЭДУ основного компонента.

Для материалов с ГЦК решеткой это понижение тем значительнее, чем больше концентрация и валентность легирующего элемента и ниже ЭДУ для металла-растворителя.

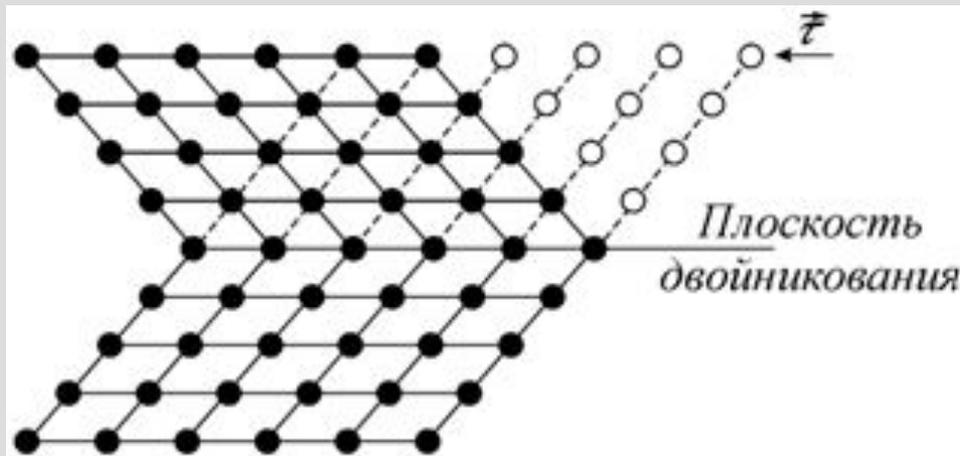
Элементы внедрения (H, O, C, N) оказывают гораздо большее влияние на ЭДУ по сравнению с элементами замещения. Элементы внедрения находятся в порах и вызывают более сильные упругие искажения.

Наличие ДУ задерживает поперечное скольжение винтовых дислокаций. ***В результате металлы и сплавы с ГЦК решеткой и низкой ЭДУ сильнее упрочняются, чем с более высокой, и поперечное скольжение в них не развивается.***

Двойникование

Двойникование связано с нарушением порядка в расположении атомов, в результате которого внутри двойниковой области структура является зеркальным отображением структуры решетки вне этой области.

Двойникование происходит в определенной кристаллографической системе $\{hkl\} \langle uvw \rangle$, отличающейся в большинстве случаев от системы скольжения, при силах сдвига, превосходящих определенное критическое напряжение двойникования.



Двойникование в ГЦК и ОЦК материалах

В чистых, сильнодеформированных при комнатной (и более высокой) температуре металлах с ГЦК решеткой и большой ЭДУ (Al, Ni) **двойники** практически не образуются, однако в сильнолегированных твердых растворах на основе этих металлов вероятность их образования велика.

В материалах с ОЦК решеткой двойники образуются только в высоколегированных сплавах при комнатной температуре деформации и ниже.

Влияние процессов протекающих при нагреве на текстуру

Полигонизация проявляется в тем большей мере, чем значительнее ЭДУ, чище металл, выше температура деформации и ниже ее степень. Полигонизация не оказывает существенного влияния на текстуру (может происходить только некоторое изменение остроты текстуры), *но оказывает сильное влияние на последующую рекристаллизацию*. Также полигонизация оказывает влияние на последующую деформацию.

Высокотемпературная деформация, при которой могут происходить динамический возврат, полигонизация и рекристаллизация, **способствует усилению поперечного скольжения дислокаций** и соответствующим текстурным изменениям.

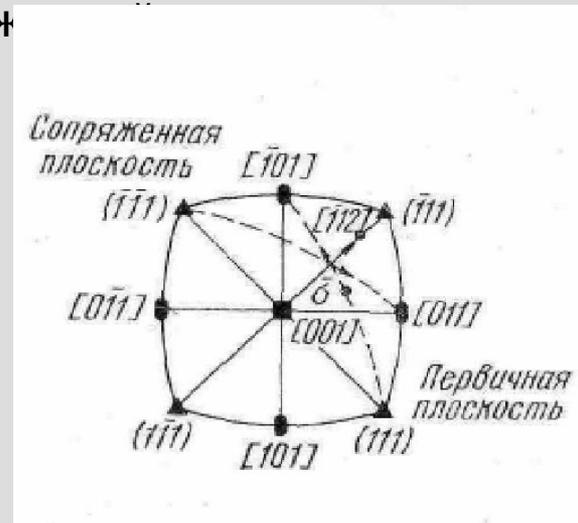
Общей тенденцией при пластической деформации является ***стремление направления скольжения повернуться к оси растяжения, характерной для используемой схемы напряженного состояния.***

Однако даже при относительно простой одноосной деформации растяжения и низком напряжении сразу же ***вслед за первичной начинает действовать сопряженная к ней система скольжения.***

В результате в направлении оси растяжения устанавливается новое, отличное от первоначального направление скольжения.

Однако, как только она достигнет границы $[001]$ — $[-111]$, то в работу включается сопряженная система $(-1-11) [011]$, ориентированная также благоприятно для скольжения относительно этой границы. В результате такого двойного скольжения σ отклонится в направлении $[-112]$. Таким образом, стабильной ориентировкой при растяжении должно быть направление биссектрисы наименьшего возможного угла между

направлениями скольжения для первичной и сопряженной систем. Направление ориентированного по отношению к направлению растяжения σ кристаллита и образующую при этом текстуру можно определить с помощью стандартной проекции. Например, для кристалла с ГЦК решеткой выход оси σ находится внутри стереографического треугольника. В результате скольжения в первичной системе $(111) [-101]$ ориентация кристалла изменится так, что σ приближается к направлению скольжения.



Однако, как только она достигнет границы $[001]$ — $[-111]$, то в работу включается сопряженная система $(-1-11) [011]$, ориентированная также благоприятно для скольжения относительно этой границы. В результате такого двойного скольжения σ отклонится в направлении $[-112]$. Таким образом, стабильной ориентировкой при растяжении должно быть направление биссектрисы наименьшего возможного угла между направлениями скольжения для первичной и сопряженной систем.