

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

***Раздел 10***  
***ТЕКСТУРА ДЕФОРМАЦИИ***

При деформации зерна поликристалла в среднем подвергаются такому же формоизменению, как и весь образец в целом. При этом они стремятся принять определенную кристаллографическую ориентировку относительно внешних деформирующих усилий. Изменение ориентировки происходит постепенно, по мере увеличения степени деформации. В результате, в сильно деформированных металлах возникает отчетливая текстура деформации, т. е. преимущественная кристаллографическая ориентировка зерен. Текстуры деформации, как правило многокомпонентны. Компоненты текстуры включают зерна одинаково ориентированные.

Типы текстур и их характер определяются поворотами решетки, происходящими в результате движения дислокаций в зернах. Эти повороты не являются, конечно, однородными внутри каждого зерна и тем более у различно ориентированных в исходном состоянии зерен. Вследствие сложного характера воздействия со стороны соседних зерен каждое зерно разбивается на разориентированные пачки скольжения, так что рассеяние текстуры в пределах каждого зерна может быть значительным.

***Характер текстуры определяется многими факторами, связанными с особенностями самого материала и условиями деформирования.***

## *Аксиальная текстура.*

Для аксиальной текстуры растяжения ось волокна параллельна направлению поля напряжения.

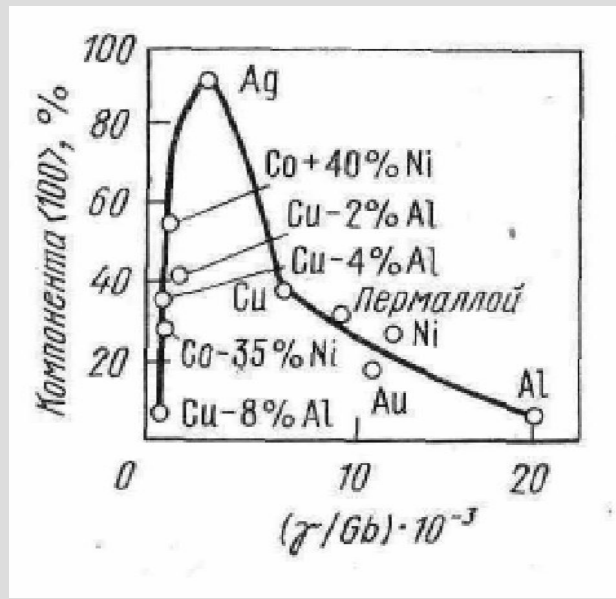
Анализ углов между направлениями скольжения показывает, что осями текстуры для металлов с ГЦК решеткой являются  $\langle 111 \rangle$  и  $\langle 100 \rangle$ , причем текстура  $\langle 111 \rangle$  предпочтительнее, так как направление  $\langle 111 \rangle$  может составить меньший угол с направлением скольжения, чем  $\langle 100 \rangle$ .

Для металлов с ОЦК решеткой ориентировкой текстуры оказывается  $\langle 110 \rangle$ .

Для материалов с ГПУ решеткой -  $\langle 10-10 \rangle$ .

Соотношение между долями компонент  $\langle 111 \rangle$  и  $\langle 100 \rangle$  в материалах с ГЦК решеткой определяется значением ЭДУ и возможностью двойникования согласно **кривой Хина**. На этой кривой показана зависимость относительного количества кристаллитов с компонентой  $\langle 100 \rangle$  от  $\gamma/Gb$ .

Максимум доли компоненты  $\langle 100 \rangle$  достигается при  $\gamma/Gb = 3 \cdot 10^{-3}$  (центральная часть кривой). При  $\gamma/Gb$ , меньшем или большем  $3 \cdot 10^{-3}$ , доля компоненты  $\langle 100 \rangle$  уменьшается, а  $\langle 111 \rangle$  — возрастает (правая и левая часть кривой).



Предполагается, что это может быть связано с конкурирующим влиянием поперечного скольжения и двойникования на формирование текстуры.

Поперечное скольжение способствует переходу метастабильной компоненты  $\langle 100 \rangle$  в более стабильную  $\langle 111 \rangle$ , а двойникование (более существенное для материалов с очень малой ЭДУ и проходящее в другой кристаллографической системе, чем скольжение), наоборот, препятствует этому переходу.

Для материалов с ОЦК решеткой не установлена четкая связь между компонентами аксиальной текстуры и ЭДУ.

У сильнодеформированных материалов с ГПУ решеткой, для которых число систем скольжения невелико, базисные плоскости  $\{0001\}$  стремятся установиться параллельно, а гексагональная ось соответственно перпендикулярно оси растяжения. При этом **вдоль оси волокна** наиболее часто располагается **направление  $[10-10]$** . Для средних степеней обжатия эта ось описывает коническую поверхность, а для меньших (ниже 20%) степеней может даже установиться перпендикулярно оси растяжения, так что параллельно оси волокна оказываются направления  $\langle 0001 \rangle$ .

# Основные компоненты аксиальных текстур металлов и сплавов

## схема текстурообразования

решетка	волочение, растяжение	сжатие $\varepsilon > 60 \dots 70\%$ холодная деформация	прессование	литье
ГЦК	$\langle 111 \rangle + \langle 100 \rangle$	$\langle 110 \rangle$	$\langle 111 \rangle + \langle 100 \rangle$	$\langle 100 \rangle$
ОЦК	$\langle 110 \rangle$	$\langle 110 \rangle + \langle 100 \rangle$	-	$\langle 100 \rangle$
ГПУ	$\langle 10-10 \rangle$	$\langle 0001 \rangle$	$\langle 10-10 \rangle$	$\langle 0001 \rangle$
горячая деформация				
ГЦК	$\langle 100 \rangle$	-	$\langle 111 \rangle + \langle 100 \rangle$	-
ОЦК	$\langle 110 \rangle$	-	$\langle 110 \rangle$	-
ГПУ	$\langle 10-10 \rangle$	-	$\langle 10-10 \rangle + \langle 11-20 \rangle$	-



## *Текстура прокатки*

Текстура прокатки металлов и сплавов, помимо типа кристаллической решетки, степени и температуры деформации, в большой мере определяется ***механизмом пластической деформации*** и ***исходным размером зерна***.

# Текстуры прокатки ГЦК-сплавов

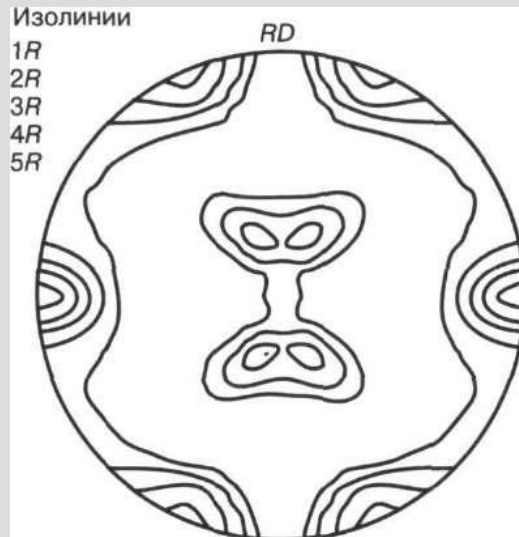
Для металлов и сплавов с ГЦК решеткой теоретически показано и экспериментально подтверждено, что тип текстуры в большой мере зависит от возможности осуществления при деформации поперечного скольжения дислокаций.

Было установлено что для, холоднокатаных со степенями обжатия более 70—80% материалов, для которых скольжение происходит в октаэдрической системе  $\{111\} \langle 110 \rangle$ , характерны три следующих основных типа текстуры:

1. Текстура латуни
2. Промежуточная текстура
3. Текстура меди

# Текстура латуни

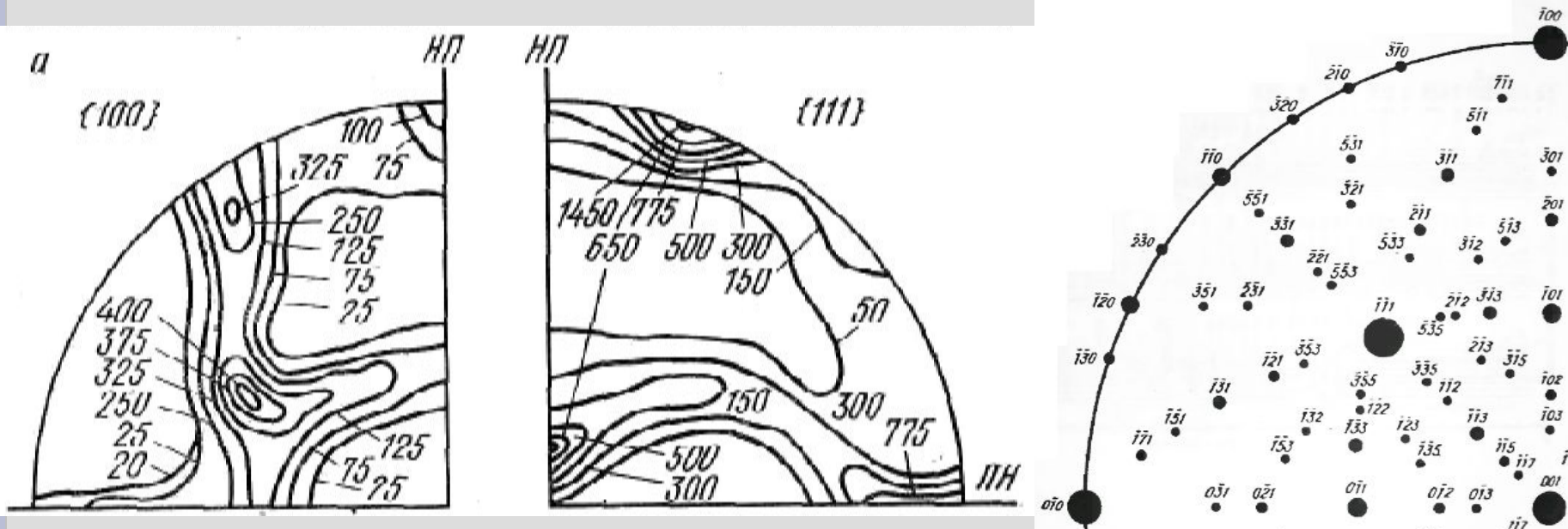
1. «Текстура латуни» —  $\{110\} \langle 112 \rangle$  («текстура сплава») наблюдается для материалов с очень низкой ЭДУ [ $\gamma < (30 \dots 35) \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ;  $\gamma / Gb \leq 3,75 \cdot 10^{-3}$ ], например для серебра, сильнолегированных сплавов на основе меди, сплава Ni — 60% Co, нержавеющей стали и др. Для них поперечное скольжение дислокаций практически отсутствует. Двойникование приводит к появлению компоненты  $\{110\} \langle 100 \rangle$ , которая ослабевает и переходит в  $\{110\} \langle 112 \rangle$  по мере развития деформации.



Полюсная фигура (111) холоднокатаной на 95% латуни 70 % Cu—30 % Zn; RD - направление прокатки; изолинии - линии равной полюсной плотности (1R - интенсивность безтекстурного образца)

# Текстура меди

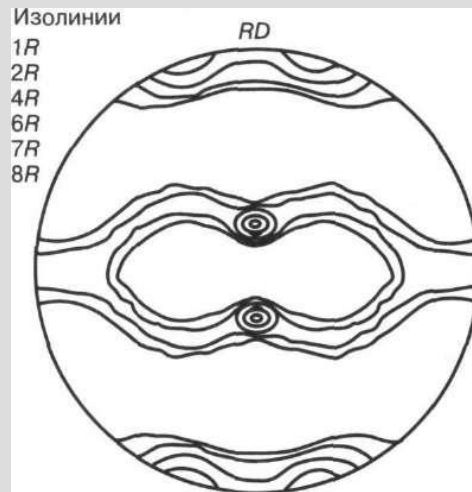
2. «Промежуточная текстура» —  $\{135\} \langle 112 \rangle$  или  $\{146\} \langle 112 \rangle$  или  $\{123\} \langle 412 \rangle$  или  $\{123\} \langle 634 \rangle$ , характерна для материалов со средним значением ЭДУ [ $\gamma \approx (35 \dots 150) \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ;  $\gamma/Gb \approx (6 \dots 10) \cdot 10^{-3}$ ] слабелегированных твердых растворов на основе меди, никеля и др. Для этих материалов следует учитывать влияние поперечного скольжения дислокаций, приводящее к дополнительным поворотам решетки.



## Текстура меди

3. Текстура меди -  $\{112\} \langle 111 \rangle$  («текстура чистого металла» или «текстура металла») характерна для материалов с очень высоким значением ЭДУ ( $\gamma > 200 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>;  $\gamma/Gb > 10 \cdot 10^{-3}$ ; для алюминия, медь высокой чистоты).

В этом случае поперечное скольжение винтовых дислокаций происходит легко.



Полюсная фигура (111) холодной катаной на 95% меди; RD - направление прокатки; изолинии - линии равной полюсной плотности (1R - интенсивность безтекстурного образца)

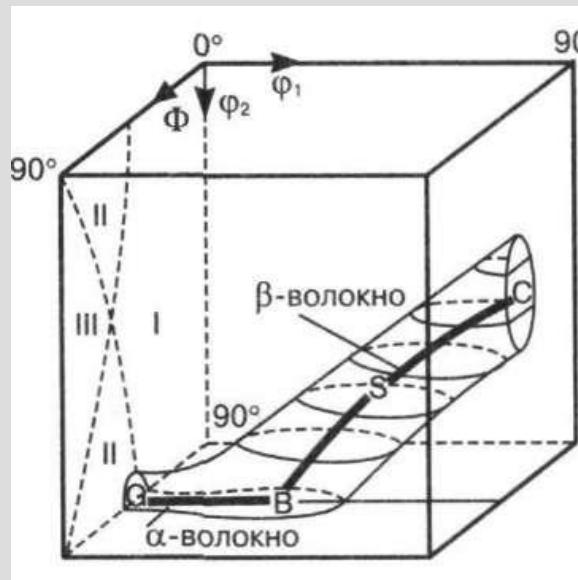
## *Текстурные компоненты в холоднокатаных г.ц.к. металлах*

Компонента, символ	{hkl}	<uvw>	$\varphi_1$	$\Phi$	$\varphi_2$
Медь, С	112	111	90	35	45
S	123	634	59	37	63
Госс, G	011	100	0	45	90
Латунь, В	011	211	35	45	90
Дилламор, D	4,4,11	11,11,8	90	27	45
Куб	001	100	0	0	0

## Описание с помощью ФРО

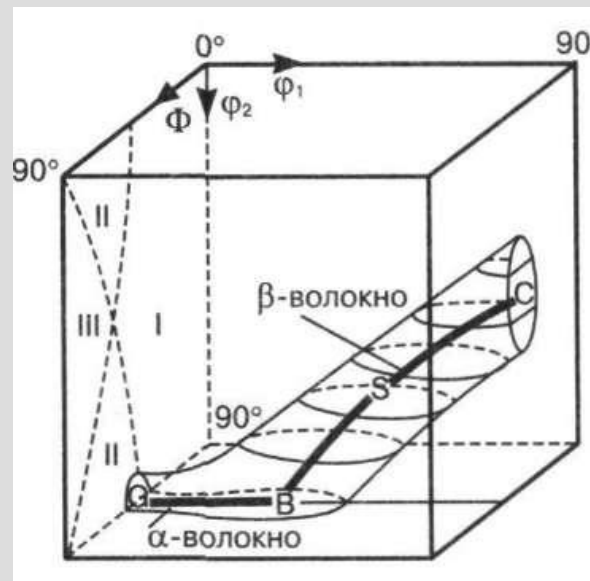
ФРО обеспечивает более полное описание текстуры деформации.

Наиболее важное наблюдение — это то, что текстуру прокатки можно представить как непрерывную «трубку текстур», которые распространяются от  $\{110\} \langle 112 \rangle$  («В» с  $\Phi = 45^\circ$ ;  $\varphi_2 = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 35^\circ$ ), через  $\{123\} \langle 634 \rangle$  («S» с  $\Phi = 37^\circ$ ;  $\varphi_2 = 63^\circ$ ,  $\varphi_1 = 59^\circ$ ) к  $\{112\} \langle 111 \rangle$  («С» с  $\Phi = 35^\circ$ ;  $\varphi_2 = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 90^\circ$ ).



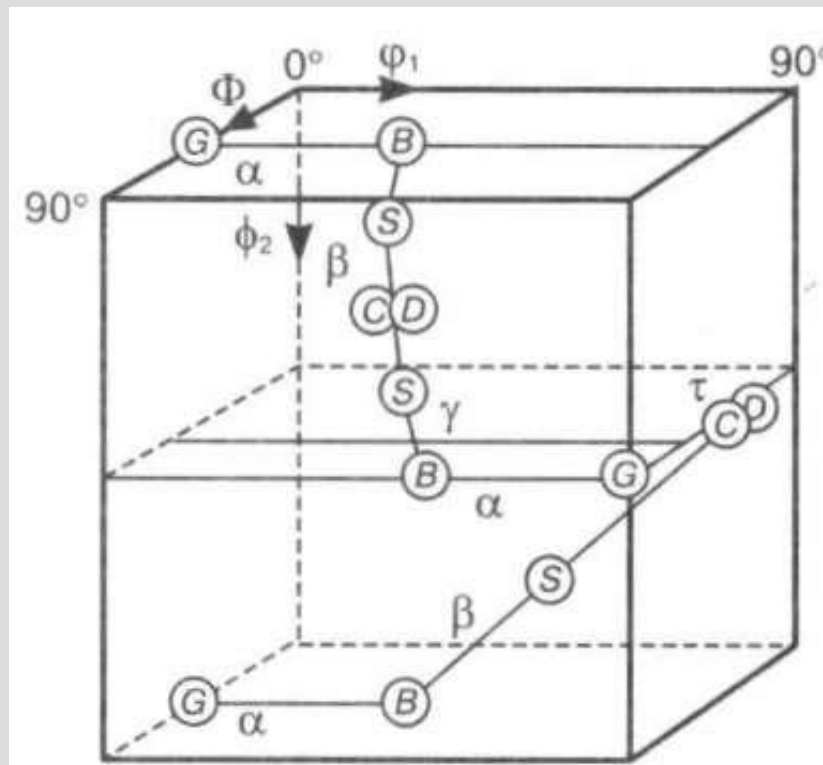
Схематическое представление такой «трубки текстур» показано на рисунке. Обычно уже рассмотренную ось «трубки» В—S—С называют « $\beta$ -волоконном».

Вторая ось — « $\alpha$ -волоконном» распространяется от  $\{110\} \langle 001 \rangle$  («G» с  $\Phi = 45^\circ$ ;  $\varphi_2 = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 0^\circ$ ) к  $\{110\} \langle 112 \rangle$  («B» с  $\Phi = 45^\circ$ ;  $\varphi_2 = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 35^\circ$ ).





# График важнейших текстур - «волокон» $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , $\tau$ в г.ц.к. материалах

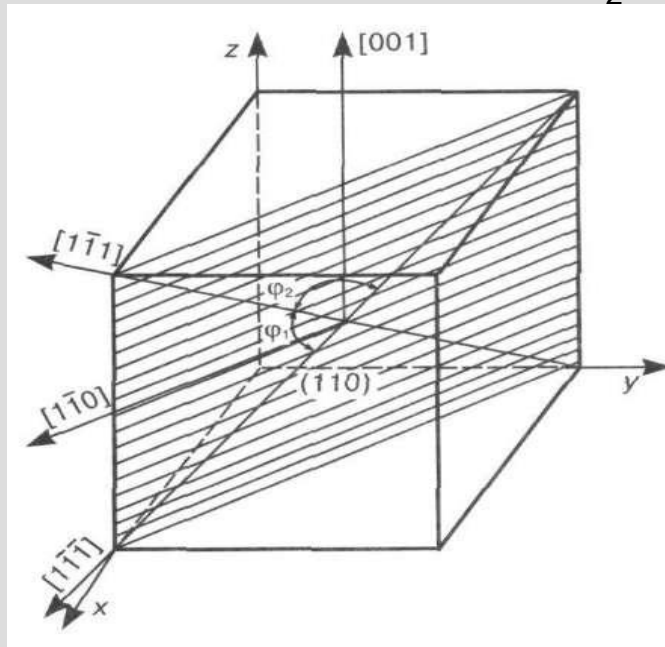


По сравнению с металлами, имеющими высокие значения  $\gamma_{\text{эду}}$ , « $\alpha$ -волокно» выражено значительно больше в «текстуре сплава», в которой присутствуют два новых элемента «волокон», названные « $\gamma$ - и  $\tau$ - волокнами»; « $\tau$ -волокно» является характерной особенностью текстуры материалов с промежуточными значениями  $\gamma_{\text{эду}}$  ( $\sim 40 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ ); « $\gamma$ -волокна» соответствуют объемным элементам с плоскостями  $\{111\}$ , параллельными плоскости прокатки, т. е. двойникам деформации в микроструктуре, и простираются от  $\{111\} \langle 112 \rangle$  (при  $\Phi = 55^\circ$ ;  $\varphi_2 = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 30/90^\circ$ ) к  $\{111\} \langle 110 \rangle$  (при  $\Phi = 55^\circ$ ;  $\varphi_2 = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 0/60^\circ$ ).

« $\tau$ -волокно» соответствует ориентировкам, имеющим направление  $\langle 110 \rangle$  параллельно TD (направление, перпендикулярное направлению прокатки RD), и распространяется вдоль линии  $\varphi_1 = 90^\circ$  на участке  $\varphi_2 = 45^\circ$  от ориентировки  $\{112\} \langle 111 \rangle$  (C) к ориентировке  $\{110\} \langle 001 \rangle$  (G) при  $\Phi = 35^\circ$  и  $90^\circ$  соответственно.

# Текстуры прокатки ОЦК-сплавов

Основная система скольжения в о.ц.к. металлах -  $\{110\} \langle 111 \rangle$ . Но в плоскости  $\{110\}$  имеются два равноправных направления из семейства  $\langle 111 \rangle$ . Эти два направления, например  $[1-11]$  и  $[1-1-1]$ , должны в конечном итоге расположиться симметрично относительно направления деформации. Это возможно при двух кристаллографических направлениях оси:  $\langle 100 \rangle$  и  $\langle 110 \rangle$ . Практически реализуется направление  $\langle 110 \rangle$ , так как для него угол  $\varphi_1$  с направлением  $\langle 111 \rangle$  меньше, чем угол  $\varphi_2$  между  $\langle 100 \rangle$  и  $\langle 111 \rangle$ .



Текстуры деформации о.ц.к. металлов и сплавов в основном более сложные, чем у г.ц.к. металлов, и изучены значительно меньше.

Текстуры прокатки железа и низкоуглеродистых сталей слабо зависят от состава и деформационных параметров.

Даже такие значительные микроструктурные неоднородности, как полосы сдвига, оказывают слабое влияние на текстуру прокатки.

# ***Механизм формирования текстуры прокатки $\{001\}\langle 110\rangle$ в металлах с о.ц.к. решеткой***

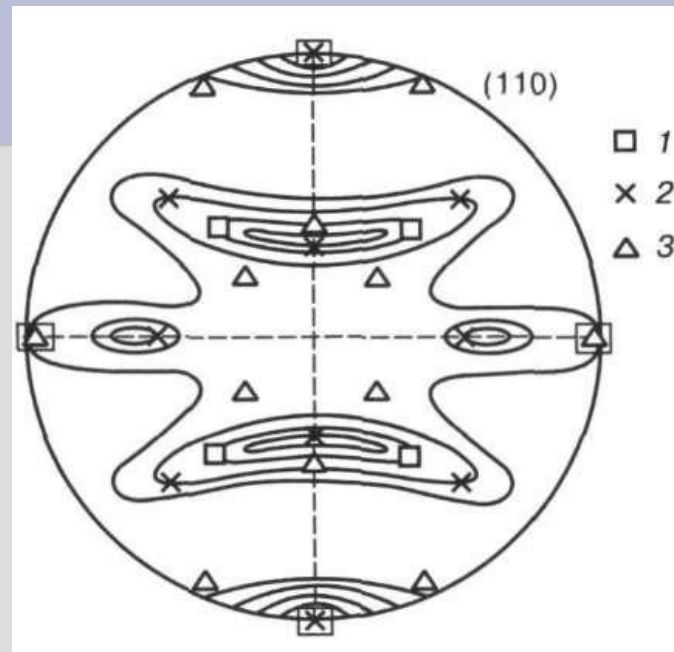
Сложную деформацию прокаткой можно условно представить как растяжение вдоль оси прокатки и сжатие в направлении, перпендикулярном поверхности образца. В соответствии с рассмотренной ранее схемой параллельно направлению прокатки должно установиться направление  $\langle 110\rangle$ .

Это значит, что в результате сжатия перпендикулярно его направлению устанавливается кристаллографическая плоскость, содержащая направление  $\langle 110\rangle$ .

В скольжении при сжатии в силу симметрии кубической решетки участвуют пары равноправных взаимно перпендикулярных плоскостей из семейства  $\{110\}$ . Скольжение в них идет вдоль направлений типа  $\langle 111 \rangle$ , результирующим для которых служит направление типа  $\langle 100 \rangle$ . Для другой пары плоскостей типа  $\{110\}$  скольжение идет также вдоль направления типа  $\langle 100 \rangle$ , но перпендикулярного к первому. Это значит, что скольжение должно идти по плоскостям, содержащим два направления из семейства  $\langle 100 \rangle$  и одно из  $\langle 110 \rangle$ , но таким требованиям удовлетворяют плоскости типа  $\{100\}$ , которые и должны располагаться перпендикулярно направлению сжатия.

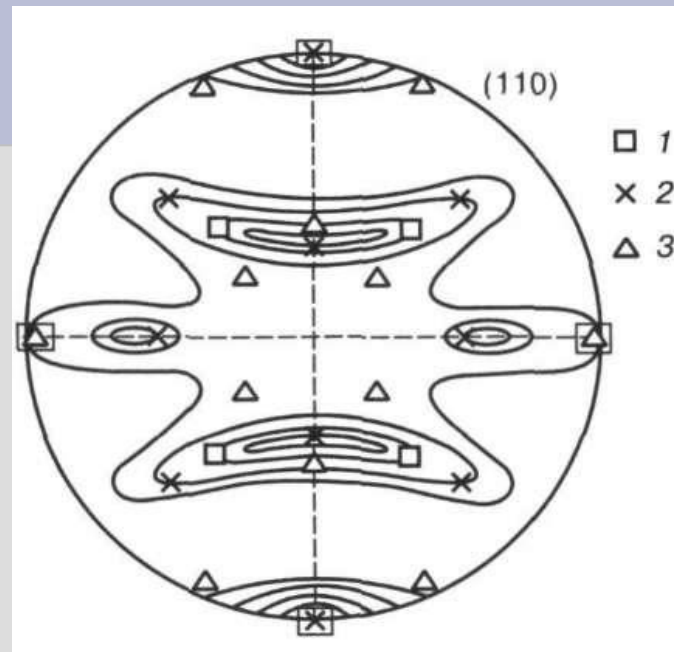
Эти переориентировки и должны привести к текстуре  $(100)[011]$ , которая наблюдается в металлах с решеткой о.ц.к.

Прямая полюсная фигура (110) для холоднокатаного  $\alpha$ -Fe с обозначенными на ней ориентировками:  
1 -  $\{100\}(110)$ ; 2 -  $\{112\}(110)$ ; 3 -  $\{111\}(112)$



В качестве примера приведена ППФ для плоскостей  $\{110\}$  холоднокатаного железа, из которой следует, что текстура является трехкомпонентной с заметным рассеянием. Одна группа кристаллитов ориентирована параллельно плоскости прокатки кристаллографическими плоскостями  $\{100\}$ , а параллельно направлению прокатки - кристаллографическими направлениями (110). Проекции нормалей к плоскостям  $\{110\}$  для кристаллитов этой группы располагаются на полюсной фигуре (100) в местах, помеченных квадратиками.

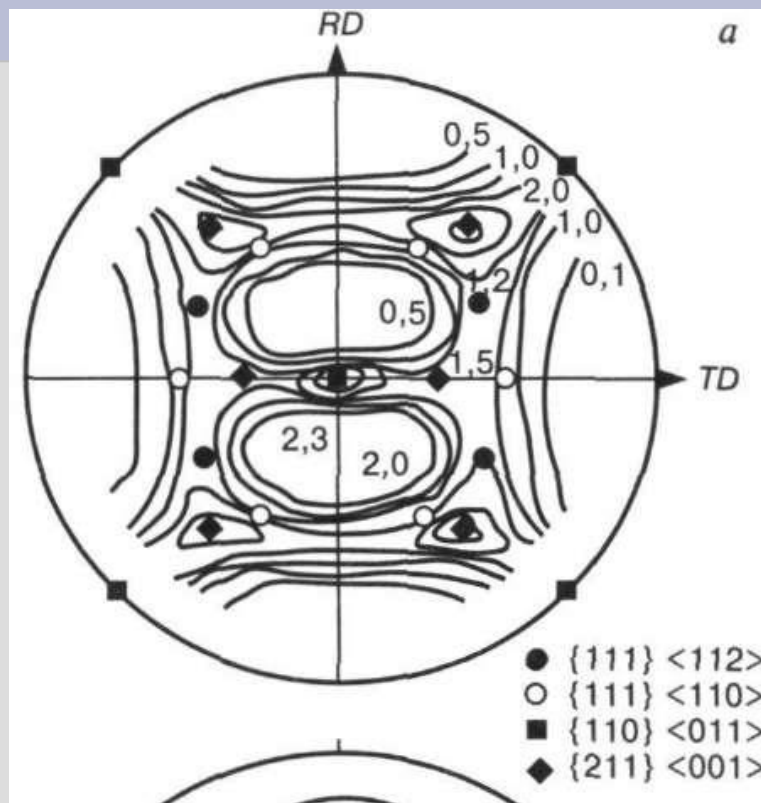
Прямая полюсная фигура (110) для холоднокатаного  $\alpha$ -Fe с обозначенными на ней ориентировками:  
1 -  $\{100\}(110)$ ; 2 -  $\{112\}(110)$ ; 3 -  $\{111\}(112)$



Две другие группы кристаллитов размещены в пространстве так, что параллельно плоскости прокатки расположены плоскости  $\{112\}$  и  $\{111\}$ , а параллельно направлению прокатки - соответственно направления (110) и (112). Проекции нормалей к плоскостям  $\{110\}$  этих кристаллитов расположены на полюсной фигуре (110) в местах, отмеченных крестиками и треугольниками.



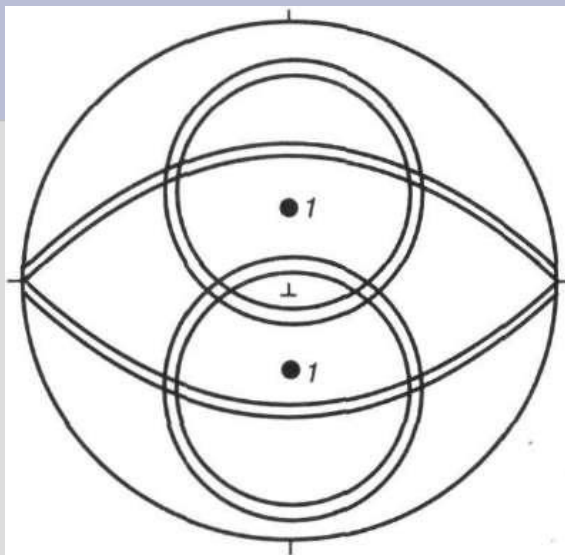
## Типичная ППФ (200)



Пять ориентировок используются для описания компонент этой текстуры:

$\{111\} \langle 112 \rangle$ ,  $\{111\} \langle 123 \rangle$ ,  $\{001\} \langle 110 \rangle$ ,  $\{112\} \langle 110 \rangle$  и  $\{111\} \langle 110 \rangle$ .

Текстура прокатки холоднокатаной низкоуглеродистой стали:  
а — полюсная фигура (200) после обжатия на 90 %; б — частично  
волокнистая текстура, обычно используемые для описания  
текстуры прокатки; 1 - ось волокна



Обычное описание текстур прокатки для о.ц.к. металлов и сплавов сводится к описанию рассеяния двух значительных ориентировок, которые могут быть описаны как аксиальные (волокнистые) текстуры. Одна из них соответствует аксиальной текстуре с осью  $\langle 111 \rangle$ , перпендикулярной к поверхности листа. Характерными примерами могут служить вышеупомянутые ориентировки  $\{111\} \langle uvw \rangle$ . Другая частично аксиальная текстура с осью  $\langle 110 \rangle$ , параллельной направлению прокатки, включает в себя уже отмеченные ориентировки  $\{hkl\} \langle 110 \rangle$ .

## *Влияние ЭДУ на текстуру прокатки материалов с ОЦК решеткой*

Основными ориентировками текстуры прокатки материалов с ОЦК решеткой являются:  $\{100\}\langle 110\rangle$ ;  $\{112\}\langle 110\rangle$ ;  $\{111\}\langle 112\rangle$ ;  $\{111\}\langle 110\rangle$ . При условии скольжения в плоскостях  $\{110\}$  для них также теоретически установлено изменение текстуры с ростом ЭДУ, соответствующее ряду:  $\{111\}\langle 011\rangle \rightarrow \{100\}\langle 011\rangle \rightarrow \{112\}\langle 110\rangle$ . Примеси внедрения, оказывающие существенное влияние на физические и механические свойства металлов с ОЦК решеткой, имеют тенденцию вызывать снижение ЭДУ основного металла и способствовать деформации двойникованием.

В ряде работ отмечено, что наличие ДУ и двойников в плоскостях  $\{112\}$ , не приводя к появлению новых компонент текстуры, в то же время меняет соотношение этих компонент: ослабляет  $\{100\}\langle 110\rangle$  и усиливает  $\{111\}\langle 110\rangle$  и  $\{111\}\langle 112\rangle$ .

## *Представление текстур о.ц.к. поликристаллов с помощью ФРО*

Природа текстур прокатки для о.ц.к. поликристаллов такова, что данные лучше представлять на плоскости при постоянных значениях  $\varphi_1$  в отличие от г.ц.к. поликристаллов, где нагляднее, когда  $\varphi_2 = \text{const}$ .

Интерпретация данных ФРО основывается в основном на попытках идентифицировать оси или «волокна», подобные тем, что используются для г.ц.к. поликристаллов.

# **Индексы Миллера основных текстурных компонент в прокатанных о.ц.к. металлах и их Эйлеровские координаты**

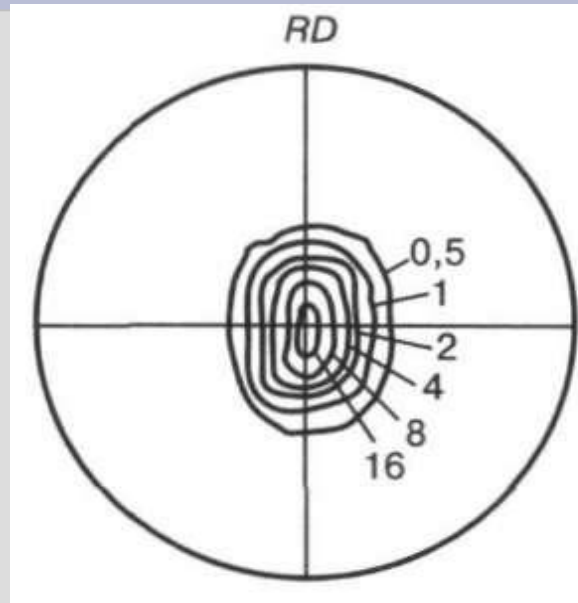
{hkl}	<uv w>	$\varphi_1$	$\Phi$	$\varphi_2$
001	110	45	0	0
211	011	51	66	63
111	011	60	55	45
111	112	90	55	45
11,11,8	4,4, 11	90	63	45
110	110	0	90	45

# *Текстуры деформации в г.п. металлах*

Текстуры деформации в г.п. металлах изучены меньше, чем в металлах с кубической решеткой.

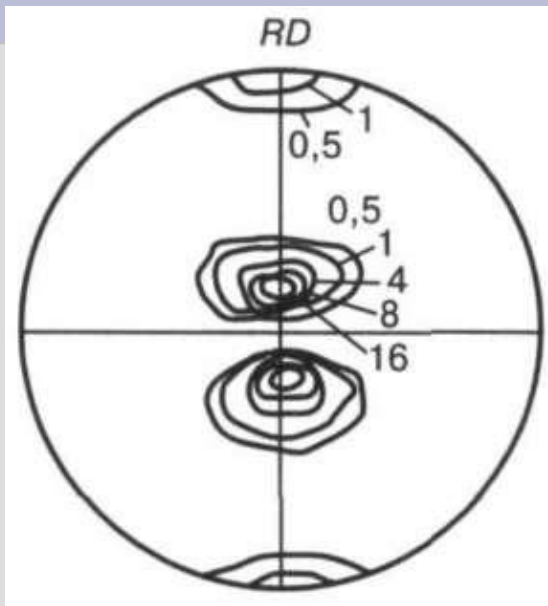
Но тем не менее достаточно очевидно, что на текстуры прокатки оказывают влияние отношение осей  $c/a$  и, особенно, действующие системы скольжения.

# Текстура прокатки (полюсные фигуры 0002) холоднокатаного магния (с/а - идеальное (1,633))



Для металлов с отношением  $c/a$ , близким к идеальному значению 1,633, текстура прокатки имеет сильную компоненту  $\{0001\}\langle 10-10\rangle$ , которая является следствием преимущественного скольжения по базисной плоскости.

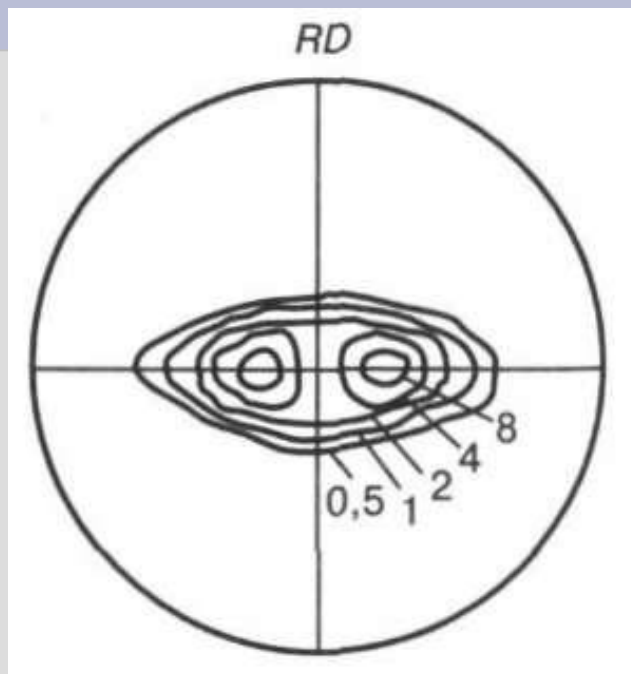
# Текстура прокатки (полюсная фигура 0002) холоднокатаного цинка ( $c/a$ - высокое ( $> 1,633$ ))



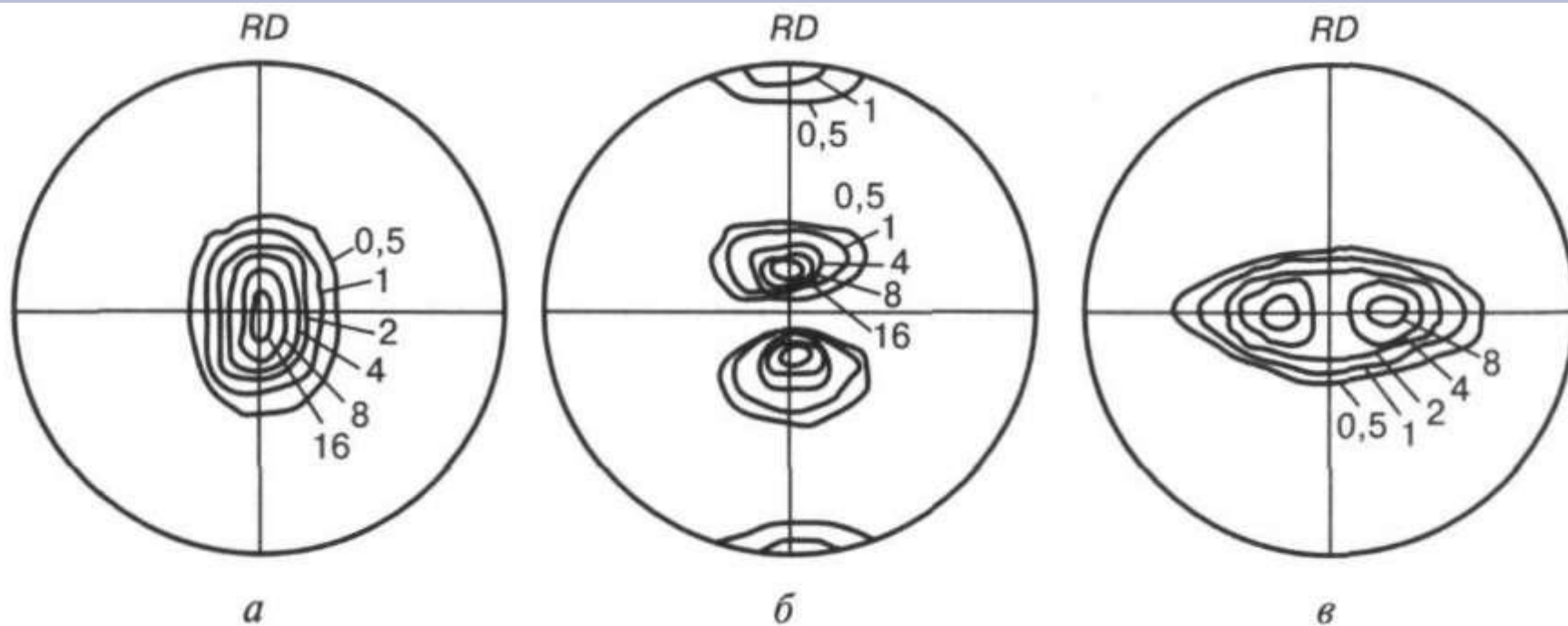
В цинке и кадмии, где отношение  $c/a > 1,633$  базисные плоскости повернуты на  $20...30^\circ$  вокруг направления TD, перпендикулярного направлению прокатки RD (б). Такая текстура предсказуема, когда базисное скольжение сочетается с двойникованием, что подтверждает микроструктурный анализ.



# Текстура прокатки (полюсная фигура 0002) холоднокатаного титана (с/а - низкое ( $< 1,633$ ))



Для металлов с  $c/a < 1,633$  базисные плоскости также повернуты относительно плоскости прокатки, но в данном случае ось вращения больше параллельна направлению прокатки RD, чем TD, и угол наклона составляет  $30...40^\circ$  (в). Осью вращения является направление  $\langle 10\text{-}10 \rangle$ .



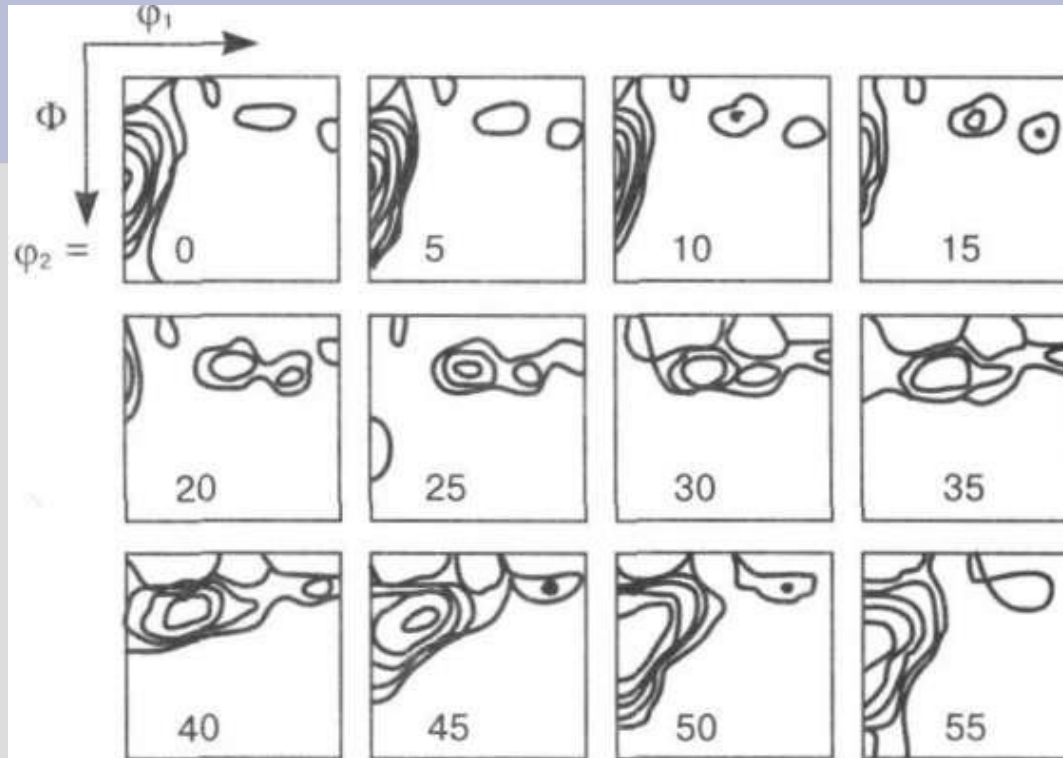
Текстуры прокатки (полюсные фигуры 0002) холоднокатаных г.п. металлов, для разных отношений  $c/a$ :

- а - магний,  $c/a$  - идеальное (1,633);
- б — цинк,  $c/a$  - высокое ( $> 1,633$ );
- в - титан,  $c/a$  - низкое ( $< 1,633$ )

## *Сопоставление данных полюсных фигур и ФРО для ГПУ материалов*

Исследования текстуры с построением ФРО подтвердили результаты, ранее полученные при анализе полюсных фигур. Например, в случае титана основными компонентами текстуры прокатки с обжатием 90% являются  $\{1-214\}\langle 10-10\rangle$ ,  $\{1-212\}\langle 10-10\rangle$ ,  $\{1-210\}\langle 10-10\rangle$ , каждая из которых имеет направление прокатки  $\langle 10-10\rangle$ .

# Текстура прокатки холоднокатаного на 90 % титана



Первую и наиболее значительную компоненту  $\{1-214\}\langle 10-10\rangle$  можно увидеть при  $\Phi = 37^\circ$ ,  $\varphi_1 = 0^\circ$ ,  $\varphi_2 = 0^\circ$ . Эта компонента текстуры развивается при степенях обжатия более 50 %, когда преимущественным способом деформации становится двойникование. Следует отметить, симметрия г.п. металлов такова, что в ФРО можно показывать только значения  $\varphi_2$  в области  $0...60^\circ$ .

***Влияние различных факторов на  
формирование текстур деформации***

## **Формирование текстуры при малых степенях деформации**

Следует отметить, что **для малых степеней деформации** в относительно большей мере, чем при больших, **проявляются промежуточные, нестабильные ориентировки**. Анализ развития текстуры в определенном образом ориентированных монокристаллах или отожденных поликристаллических материалах с однокомпонентной текстурой позволяет проследить за переходом малоустойчивых ориентировок в стабильные, характерные для данного материала и условий деформации.

Для прокатанных материалов с ОЦК решеткой показано, что повышение степени деформации при системе скольжения  $\{112\}\langle 111\rangle$  способствует переходу через ряд промежуточных ориентировок к стабильной  $\{001\}\langle 110\rangle$ , которая остается устойчивой при дальнейшей деформации.

Например, исходная текстура  $\{110\}\langle uvw\rangle$  меняется согласно ряду:  
 $\{110\}\langle uvw\rangle \rightarrow \{111\}\langle uvw\rangle \rightarrow \{112\}\langle 110\rangle \rightarrow \{001\}\langle 110\rangle$ .

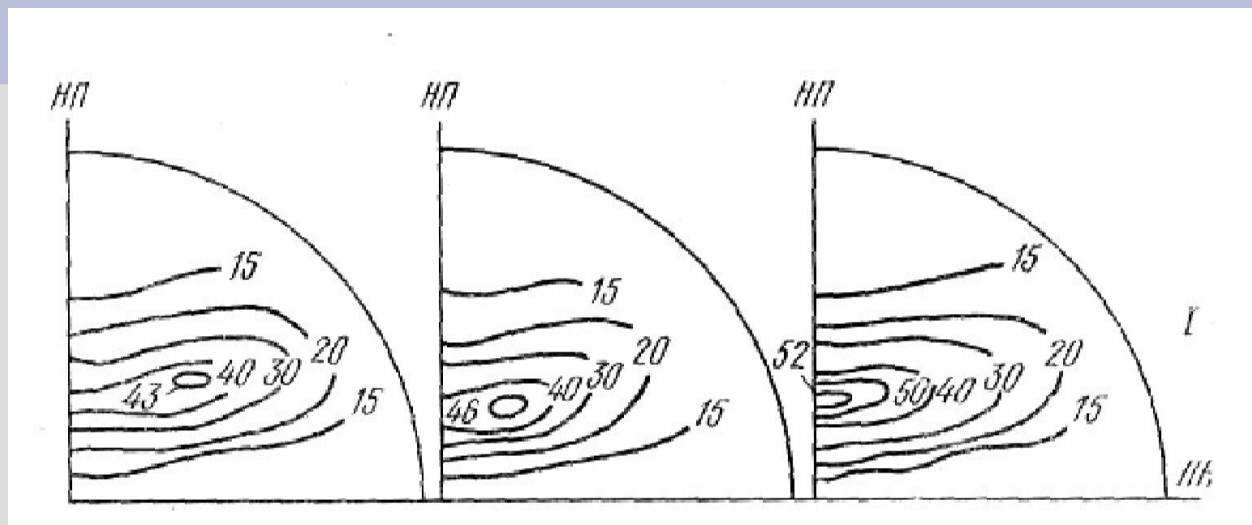
# *Влияние динамической рекристаллизации при горячей деформации*

*Рекристаллизация, проходящая в процессе высокотемпературной деформации может способствовать появлению новых компонент текстуры, отличных от текстуры деформации.*

Если же при деформации рекристаллизация не происходит, то **рост температуры деформации**, сопровождающийся развитием множественного скольжения, **способствует уменьшению резкости и увеличению рассеяния текстуры**. При этом также **уменьшается доля двойниковой компоненты**, если она имела место при более низкой температуре деформации.



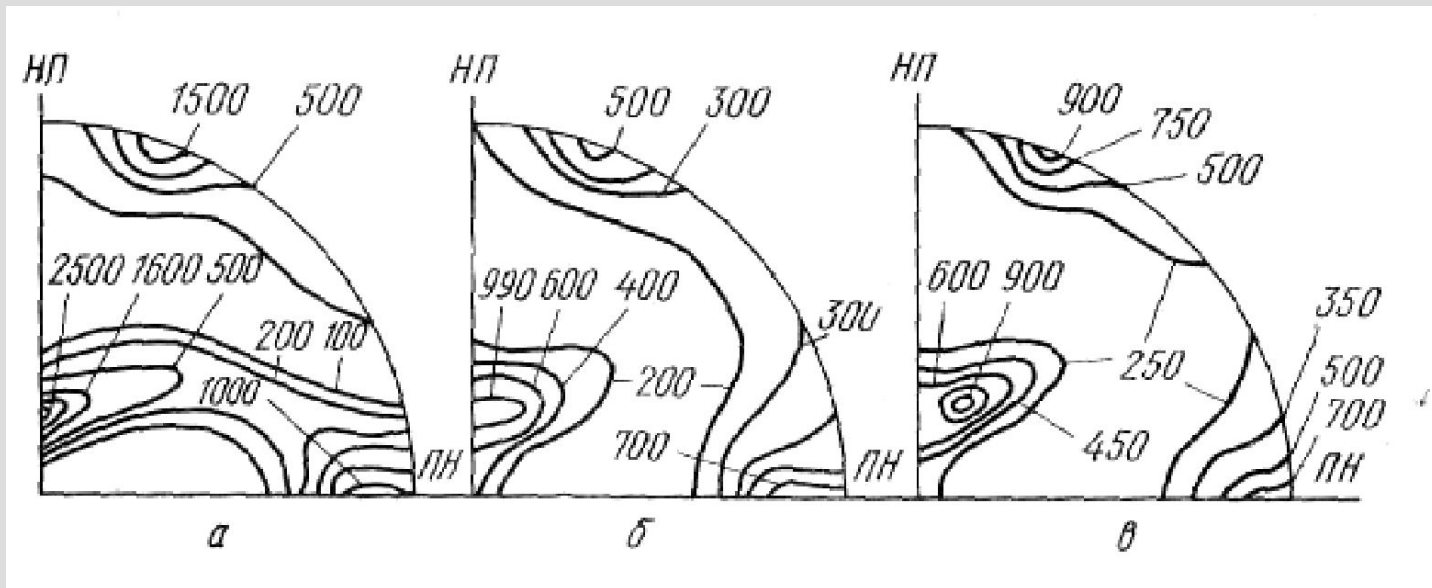
**Полюсные фигуры {111} прокатанного при разных температурах  
( $t_{\text{деф}}$ ) сплава  $\text{Cu}+7\% \text{Al}$  (степень деформации 60%) :**  
**а — -196; б — 20; в — 270**



Для материалов с ГЦК решеткой повышение температуры деформации может сопровождаться текстурным переходом. Такой переход установлен, например, при повышении температуры прокатки сплава  $\text{Cu}-15\% \text{Al}$  (ат.) от  $-196^\circ$  до  $+300^\circ \text{C}$ . Этот переход при сопоставимом увеличении гомологической температуры деформации проявляется тем менее значительно, чем больше ЭДУ.

Например, для спектрально чистой меди с высокой ЭДУ увеличение температуры деформации от  $-196$  до  $+20^\circ \text{C}$  существенно не влияет на текстуру.

**Влияние легирования на «текстурный переход» для  
холоднокатаных однофазных сплавов  $\text{Cu—Al}$ , % Al:  
а — 0,5; б — 2,5; в — 5,5**



Легирование металла с образованием твердого раствора замещения меняет текстуру прокатки основного металла. Для одного и того же металла-растворителя соответствующий текстурный переход происходит при тем более низкой концентрации легирующего элемента, чем относительно круче снижается ЭДУ при легировании.

Можно считать, что для материалов с ГЦК решеткой существует **некоторое критическое значение ЭДУ**, зависящее от гомологической температуры деформации, которое определяет тип текстуры прокатки.

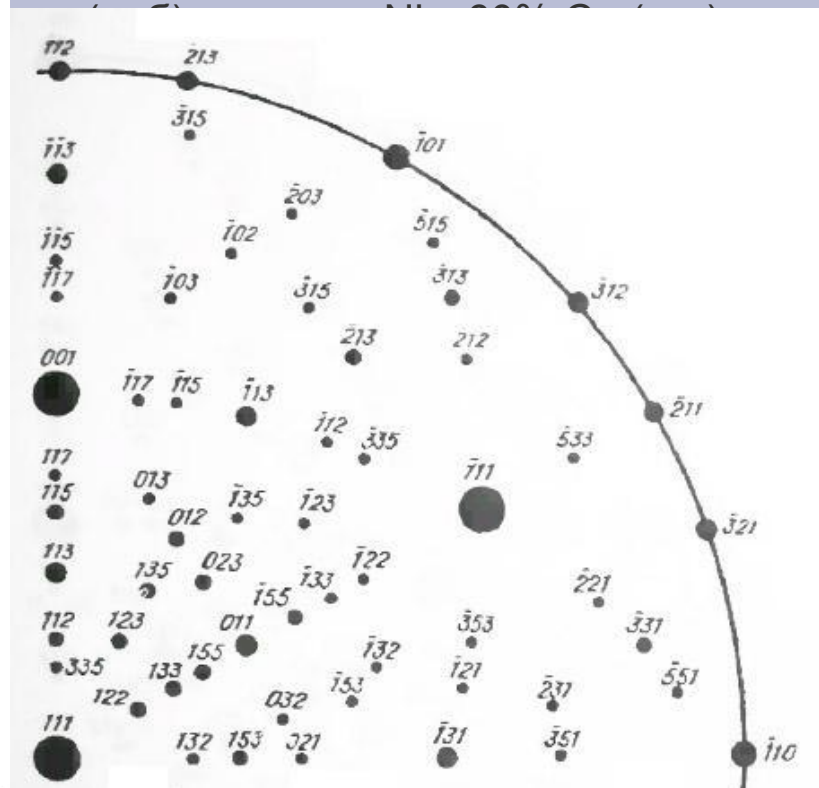
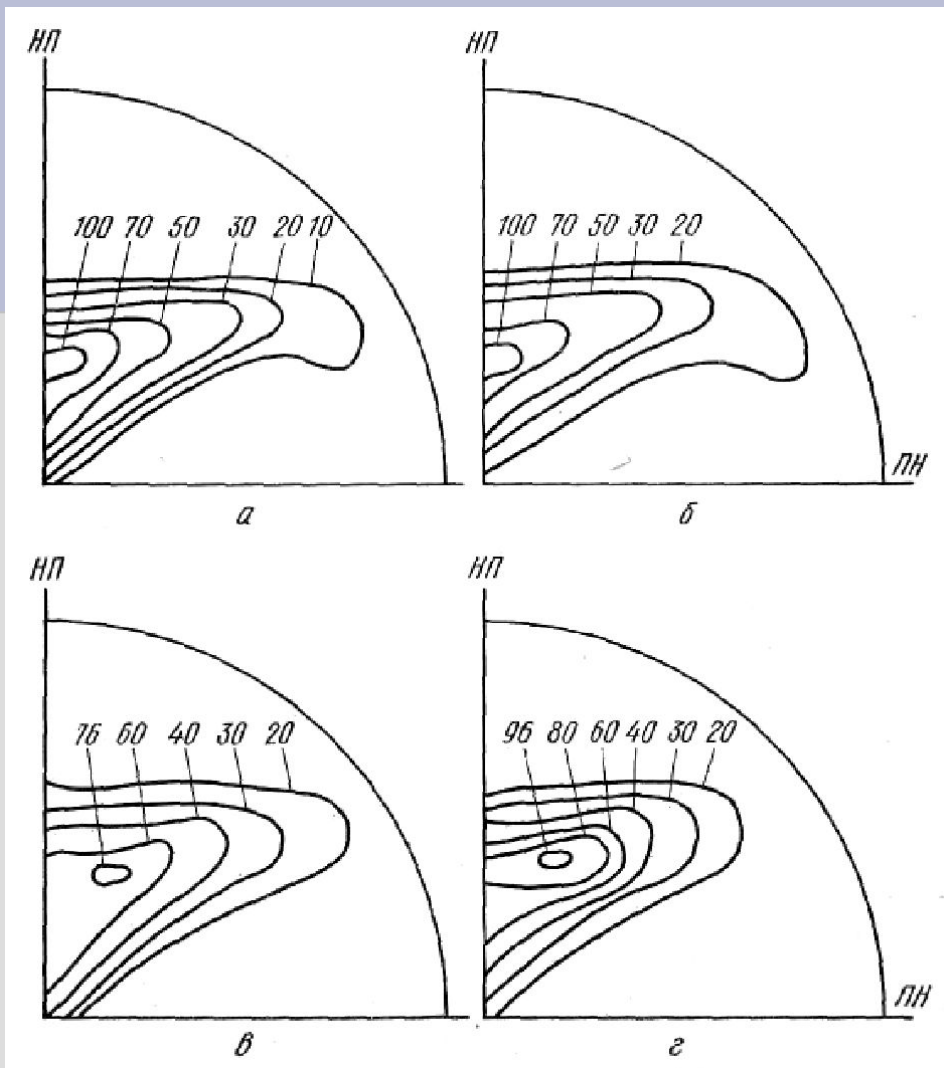
Исходя из большого числа экспериментальных данных, приведенных в литературе, для сильнодеформированных материалов **«текстура латуни»** характерна для материалов с ЭДУ, равной или ниже  $35 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup> при температуре деформации не выше  $0,25T_{пл}$ . Для материалов с ЭДУ более  $35 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup> такой тип текстуры проявляется только при температуре менее  $0,2T_{пл}$ . Напротив, для материалов с очень низкой ЭДУ **«текстура латуни»** стабильна даже при температуре деформации около  $0,5T_{пл}$ .

## *Зависимость текстуры, от величины исходного зерна*

При пластической деформации поликристаллического материала зерна деформируются по-разному в зависимости от их ориентировки по отношению к осям внешних напряжений. Существенное влияние на текстуру оказывает взаимодействие соседних зерен, в большой мере определяемое их исходным размером.

Экспериментально установлено, что текстура прокатки материалов с ГЦК решеткой в тем большей мере зависит от исходной структуры, чем меньше ЭДУ и ниже температура деформации.

Так, если для холоднокатаных Ni и Cu размер исходного зерна мало влияет на текстуру, то для высоколегированных сплавов Cu — 15% (ат.) Al, Cu — 32% Zn, ковара, 12X18H10T, Ni—(40...60)% Co, текстура тем сильнее, чем больше средняя величина исходного зерна.



Полюсные фигуры {111} холоднокатаных никеля (а, б) и сплава Ni—60% Co (в, г) с разной величиной исходного зерна ( $D_3$ ) (степень деформации 80%), а, в —  $D_3 = 30$  мкм; б, г —  $D_3 = 100$  мкм

Аналогичный результат был получен, например, для сплава Fe — 3% Si с ОЦК решеткой и относительно низкой ЭДУ ( $\gamma \approx 40 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>).

***Было высказано предположение, что измельчение исходной структуры способствует увеличению суммарной поверхности границ зерен, препятствующих передаче деформации от зерна к зерну и развороту соседних зерен. Это влияние границ зерна особенно существенно при более низкой температуре деформации для материалов, у которых поперечное скольжение дислокаций затруднено.***