

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКСТУРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гречников Ф.В., Зайцев В.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

При разработке технологических процессов обработки давлением анизотропных материалов весьма важно предусмотреть рациональное использование их анизотропии в плане подбора заготовки с требуемой направленностью свойств. В этом случае достигается уменьшение расхода металла, увеличение предельного формоизменения, улучшение геометрических характеристик изделий и т.д. [1]. Следовательно, актуальным направлением совершенствования технологии обработки металлов давлением как при производстве заготовок, так и при их дальнейшем формоизменении, является создание материалов с заданными характеристиками анизотропии. Как известно, анизотропия свойств, являясь следствием образования в металле кристаллографической текстуры, может регулироваться путем изменения соответствующих текстурных параметров [1,2].

Однако в настоящее время отсутствует теоретически обоснованная зависимость между текстурой материала и обусловленными ею показателями анизотропии. Это не позволяет широко использовать экспериментальный материал, накопленный научными и заводскими лабораториями по текстурообразованию, для целенаправленного формирования требуемых свойств. В связи с этим авторами данной статьи предлагается методика расчета многокомпонентной кристаллографической текстуры, обеспечивающей в листовом материале заданные показатели анизотропии.

В качестве показателей анизотропии будем использовать широко применяемые показатели поперечной деформации

$$\mu_{ij} = -\frac{e_i}{e_j} \quad (1)$$

где e_i, e_j соответственно продольная и поперечная деформации при одноосном растяжении образца.

Как показано в работе [1], показатели μ_{21} и μ_{12} в совокупности с показателем μ_{ij} под углом 45° к направлению "1" и "2", который обозначают μ_1 полностью характеризуют анизотропию пластических свойств в плоскости листа. Следовательно, будем считать, что нам заданы показатели μ_{21}, μ_{12} и μ_1 , а наша задача состоит в том, чтобы определить характеристики текстуры которая бы обеспечивала в листовом материале свойства определяемые этими показателями.

Для решения поставленной задачи используем зависимости, полученные в работе [2]:

$$\mu_{ij} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{\Delta_k - \Delta_i}{Q - \Delta_j},$$

$$\mu_i = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{\Delta_i + \Delta_j + \frac{1}{2}\Delta_k - \frac{1}{2}}{2Q + \Delta_i + \Delta_j - \frac{3}{2}\Delta_k - \frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Здесь $\Delta_i = \langle \alpha_{i1}^2 \alpha_{i2}^2 + \alpha_{i2}^2 \alpha_{i3}^2 + \alpha_{i3}^2 \alpha_{i1}^2 \rangle$; ($i=1,2,3$) - ориентационные факторы текстуры, представляющие, осредненный по всем кристаллитам комплекс из направляющих косинусов характеристического направления i относительно системы координат связанной с кристаллитом.

$$Q = \frac{1}{3} \times \frac{S'_{11} - S'_{12}}{S'_{11} - S'_{12} - \frac{1}{2}S'_{44}} \quad \text{характеристический параметр}$$

монокристалла; S'_{ij} - коэффициенты тензора податливости монокристалла в матричной форме записи.

Используя зависимости (2), запишем выражения для показателей μ_{21}, μ_{12} и μ_1 через $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ и Q . Затем решая систему 3-х линейных уравнений относительно 3-х неизвестных Δ_i получим:

$$\left\{ \frac{1}{2} \mu_{21} (1 - \mu_1) + [\mu_{12} (3\mu_1 - 2) + \frac{1}{2} \mu_{21} (1 + \mu_1) + \mu_{12} \mu_{21} (1 - \mu_1)] Q \right\} \div C;$$

$$\Delta_2 = \left\{ \frac{1}{2} \mu_{12} (1 - \mu_1) + [\mu_{12} (3\mu_1 - 2) + \frac{1}{2} \mu_{12} (1 + \mu_1) + \mu_{12} \mu_{21} (1 - \mu_1)] Q \right\} \div C; \quad (3)$$

$$\Delta_3 = \left\{ \frac{1}{2} (1 - \mu_1) (\mu_{21} + \mu_{12} - 2\mu_{12} \mu_{21}) + [(\mu_{21} + \mu_{12}) \times \right.$$

$$\left. \times (3\mu_1 - 2) + 2\mu_{12} \mu_{21} (3 - 4\mu_1)] Q \right\} \div C,$$

где

$$C = \frac{1}{2}(\mu_{21} + \mu_{12})(1 + \mu_1) + \mu_{12}\mu_{21}(1 - 3\mu_1).$$

Ориентационные факторы Δ_i удобны для математического описания и анализа текстур, а на практике оценивать текстурное состояние материала удобнее всего весовыми долями многокомпонентной текстуры. Очевидно, что при переходе от Δ_i к многокомпонентной текстуре, состоящей из N -конечного числа кристаллографических ориентировок, входящих с весовыми долями P_i ($i=1, N$), не будет взаимно однозначного соответствия. Но в данной ситуации это только облегчает задачу подбора оптимальной текстуры, т.к. количество возможных вариантов при этом возрастает.

Для осуществления указанного перехода представим ориентационные факторы в виде:

$$\Delta_i = \sum_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} \Delta_i^{\{hkl\}\langle uvw \rangle}, \quad (4)$$

где $P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle}$ - весовая доля компоненты $\{hkl\}\langle uvw \rangle$,

$\Delta_i^{\{hkl\}\langle uvw \rangle}$ ее i -ый ориентационный фактор, будем иметь следующую систему из четырех уравнений для определения весовых долей текстурных компонент:

$$\begin{aligned} \sum_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} \Delta_1^{\{hkl\}\langle uvw \rangle} &= \Delta_1^* \\ \sum_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} \Delta_2^{\{hkl\}\langle uvw \rangle} &= \Delta_2^* \\ \sum_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} \Delta_3^{\{hkl\}\langle uvw \rangle} &= \Delta_3^* \\ \sum_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} &= 1 \end{aligned} \quad (5)$$

Для четырехкомпонентной текстуры система имеет единственное решение, т.е. задавая набор из четырех идеальных ориентировок $\{hkl\}\langle uvw \rangle$ можно однозначно найти их весовые доли в той текстуре, которая обеспечивает заданные Δ_i^* .

Если к системе (5) добавлять дополнительные условия типа:

$$P_{\{hkl\}\langle uvw \rangle} = g, \quad (6)$$

где $0 \leq g \leq 1$, то система позволяет однозначно находить весовые доли пяти и более компонентных текстур. Другими словами, если компонент текстуры больше четырех, система (5) имеет бесконечное

множество решений, что дает большой простор для выбора оптимального варианта путем наложения различных условий типа (6).

В качестве примера в таблице приведены результаты расчета на ЭВМ IBM PC-386 вариантов четырехкомпонентных текстур для листов А99, обеспечивающих трансверсальную изотропию в плоскости листа. Степень трансверсальной изотропии определяется показателем $\mu = \mu_{21} = \mu_{12} = \mu_1$. Блок-схема программы расчета приведена на рисунке.

Таким образом, предложенный подход позволяет за ограниченное время получить всевозможные варианты текстуры, обеспечивающей определенные показателями анизотропии μ_{ij} механические свойства и осуществить выбор оптимального, наиболее приемлемого на практике варианта.

Таблица

Расчет текстуры материала по заданным коэффициентам анизотропии для трансверсально - изотропных листов А99

| Показатель анизотропии μ | Значения параметров текстуры | | | Компоненты текстуры | Весовые доли |
|---------------------------------|------------------------------|------------|------------|--|--|
| | Δ_1 | Δ_2 | Δ_3 | | |
| 0.40 | 0.155 | 0.155 | 0.0788 | {139}{123} {001}{001} {233}{133} {001}{001} | 0.526684 0.387829 0.080746 0.004741 |
| 0.45 | 0.179 | 0.179 | 0.143 | {013}{139} {139}{123} {011}{011} {233}{133} | 0.489531 0.243349 0.144689 0.122432 |
| 0.50 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | {013}{139} {233}{133} {011}{011} {139}{123} | 0.393282 0.388825 0.133297 0.084596 |
| 0.55 | 0.218 | 0.218 | 0.250 | {233}{133} {123}{139} {011}{011} {139}{123} | 0.376481 0.272175 0.186609 0.164735 |
| 0.60 | 0.236 | 0.236 | 0.295 | {233}{023} {233}{133} {123}{133} {139}{123} | 0.368885 0.367018 0.23991 0.024187 |
| 0.65 | 0.250 | 0.250 | 0.333 | {111}{011} {233}{133} {233}{023} {011}{011} | 0.986772 0.007015 0.004603 0.00161 |

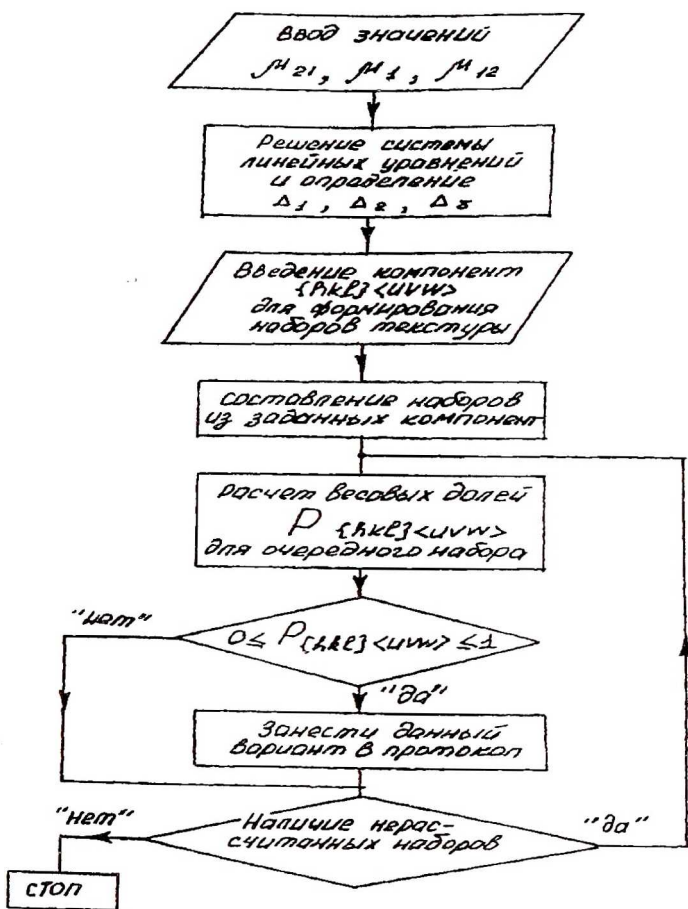


Рис. 1. Блок - схема расчета вариантов многокомпонентной текстуры на ЭВМ.

Список литературы

1. Арышенский Ю.М., Гречников Ф.В., Арышенский В.Ю. Получение рациональной анизотропии в листах /Под ред. Ф.В.Гречникова.- М.: Металлургия, 1987.-141 с.
2. Арышенский Ю.М., Гречников Ф.В., Зайцев В.М. Определение материального пластического девиатора анизотропной среды по её текстурным параметрам// Известия АН СССР. Металлы, 1990. - №4.- С. 137-140.