

ВВЕДЕНИЕ В КОЛИЧЕСТВЕННУЮ МЕТАЛЛОГРАФИЮ

www.msm.cam.ac.uk/phasetrans/2001/quantitative.metallography.pdf

Стандартные стереометрические термины

Следующая терминология установлена в стереометрии:

P – Точки

A – Плоские области

V - Объем

L – Линии

S - неровная поверхности

N – Число

Данные понятия могут быть объединены. Таким образом, S_V представляет количество поверхности в единице объема, V_V объем некоторой фазы в общем объеме (т.е. в доле объема), P_P число точек в испытании, имеющих характерные черты как доля от общего количества точек в испытании и т.д.

Определение объемной доли

V_V , объемная доля фазы A в микроструктуре может быть определена непосредственно разделением фаз, например электролитическое травление карбидов в стали. Однако, этот метод непрактичен для большинство целей.

A_A , доля площади представленная A на плоскости может быть определена путем обработки изображения. Если q_A - стандартное отклонение площади от некоторых частиц A, тогда определение ошибки E_A определяется как

$$E_A^2 = \frac{1}{N} \left[1 + \left(\frac{\sigma_A}{A} \right)^2 \right] \quad (1)$$

где

N – количество определяемых частиц

\underline{A} – средняя определяемая область

Ошибка минимизирована путем произведения большого числа измерений (огромное N) и ожидается, что она будет меньше для однородных микроструктур (малое q_A).

Линейная доля L_L A в матрице B может быть определена путем тестовых проективных линий на микроструктуре и определением той их части,

которые попадают в A. Ошибка в таких измерениях зависит от σ_L^α and σ_L^β которые представляют стандартные отклонения точек пересечения, которые попадают в A и B соответственно:

$$E_L^2 = \frac{1}{N}(1 - V_V)^2 \left[\left(\frac{\sigma_L^\alpha}{\bar{L}_\alpha} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_L^\beta}{\bar{L}_\beta} \right)^2 \right] \quad (2)$$

Для сравнения, определение в каких точках проектируемых на микроструктуру для измерения точечной доли P_p от A имеем подобное определение ошибки:

$$E_P^2 = \frac{1}{P} \quad (3)$$

Для эффективного определения больших чисел, $V_V = A_A = L_L = P_P$.

Следующие экспериментальные ошибки могут также привести к неопределенности:

1. Образец, на котором проводятся наблюдения не достаточно плоский.

В конце концов, наблюдения часто производятся на протравленных образцах.

Рельеф поверхности может быть охарактеризована высотой h (рис. 1а).

Предположим, что рельеф является следствием протравки границ зерен (облегчение) вызвана гравюрой границ зерна, тогда определяемая доля объема V_V может быть переоценена по сравнению с реальной объемной долей как

$$V_V^e = V_V + \frac{1}{4} S_V h \quad (4)$$

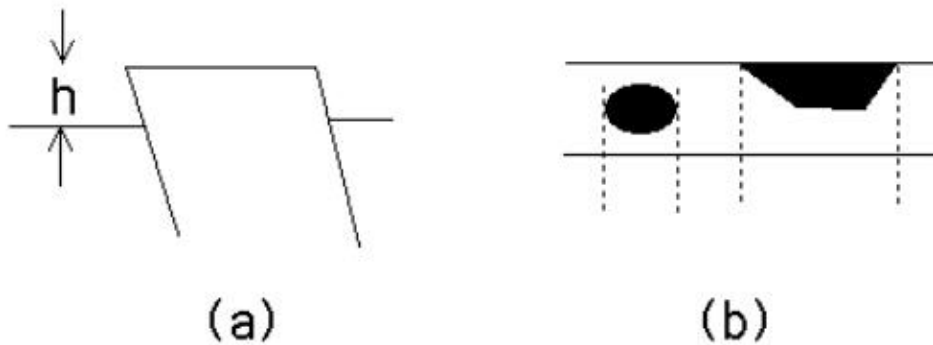


Рис. 1 (а) Рельеф поверхности после травления, характеризуемый по высоте h . (б) Проекция частиц на тонкой фольге

где S_V - количество поверхностей зерна в единице объема.

2. Могут быть ошибки из-за разрешения микроскопа. Интерфейсы появляются как смещение полос на двумерных сечениях; толщина перепутанной области определяется как

$$\delta \simeq \frac{\lambda}{2n \sin \alpha}$$

где λ - длина волны, используемого для отображения,

n - преломляющий индекс среды между светом и образцом

α - угол относящийся к падающему свету, посредством которого отражается

свет, который формирует изображение.

3. Ошибки могут быть вызваны рассмотрением на непредставительные области в гетерогенных образцах.

Распространенная формула определения величины зерна базируется на стандарте ASTM:

$$n = 2^{N_g - 1} \quad (5)$$

где n – количество зерен на квадратный дюйм видимых на рассматриваемом образце при увеличении 100! Большое значение N_g определяет малый размер зерна.

N_g	n	N_g	n
1	1	4	8
2	2	5	16
3	4	6	32

Возможно на практике получить сетки, которые при вставке в микроскоп позволяет провести сравнение с микроструктурой и непосредственно давать оценку зерна по ASTM

Метод секущих L - намного лучший метод для характеристики размера зерна, поскольку это существенно связано с количеством поверхностей в единице объема, $S_v = 2/L$. Точка пересечения измерена наложением тестовых линий на микроструктуру. Для 2-фазного материала

$$\bar{L}_\alpha = \frac{LV_V^\alpha}{N^\alpha} \quad \bar{L}_\beta = \frac{LV_V^\beta}{N^\beta} \quad (6)$$

Где L – общее количество секущих

N представляет количество зерен, которые пересекает секущая

Частицы в Тонкой Фольге для Трансмиссионной Микроскопии

Тонкая фольга - трехмерный объект и изображение получается проектированием этого объекта (рис. 1b). Для сферических частиц радиуса r в фольге толщиной t , ошибка проектирования следующая:

$$V_V = A_A^e \left(1 + \frac{3t}{4r}\right)^{-1} \quad (7)$$

где A_A – проецируемая площадь частицы. Обычно, частица, определяемая с использованием только A_A определяются больше, чем действительная частица V_V . Количество частиц в единице объема зависит от количества единиц определенных на площади как:

$$N_V = \frac{N_A}{t + 2r} \quad (8)$$

где r – средний определенный радиус.

Исследуемые образцы

Было отмечено ранее, что 'исследуемые' образцы должны быть используемыми при наблюдений. Это также означает выбор правильного метода или нескольких методов для данной проблемы. Высокое разрешение не всегда является решением проблемы. Следующий пример иллюстрирует это, оценивая количество металла, который был изучен, используя образцы в тонкой фольге, в электронном микроскопе, начиная с его изобретения:

t	foil thickness, 10^{-7} m	x	size of micrograph, 0.1×0.08 m ²
z	magnification, 5×10^4	N	number of pictures per year, 10^6
y	number of years, = 40	ρ	density, 7×10^6 kg m ⁻³

количество исследованного материала = $txNyq/z^2 = 10^{-4}$ кг
 масса = 10^{-3} кг

Классификация формы

Фактор формы должен быть безразмерен, так как форма не зависит от размера. Делитель и делимое должны иметь те же самые единицы, например. площадь/длина/периметр, или же это может быть число, такое как число углов в зерне. Фактор формы должен также быть независим от ориентации черта.

Полезно определить некоторую терминологию перед обсуждением факторов формы:

A площадь

l самый длинный

c выпуклый периметр

p периметр

b самый короткий

Мы будем видеть, что периметр p должен использоваться с осторожностью поскольку его значение зависит от разрешения измерительного прибора. Feret является длиной объекта, измеренного между двумя параллельными линиями (рис. 2). Выпуклый периметр c определяется путем тугого обертывания нити вокруг объекта и измерением длины нити после разворачивания (Рис. 2). Теперь продолжим обсуждать некоторые факторы формы.

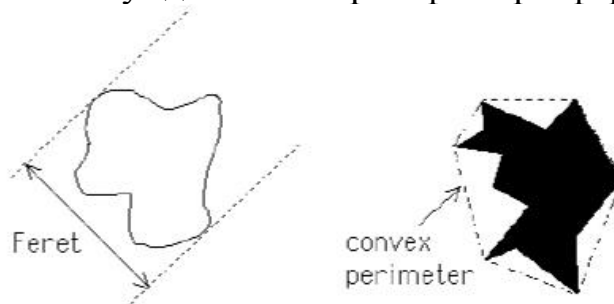


Рис. 2 Определение Feret диаметра

$P^2/4\pi A$ Данный фактор формы имеет минимальную ценность от 1 для истинного круга. Он определяет круглость и может быть использован для определения размеров отклонения от округлости или поверхностной гладкости.

$c^2/4\pi A$ игнорирует любые углубления в поверхности, т.е. классифицирует грубый или гладкий круг.

l/b полезен для изолирования волокон в изображении.

p/c помогает идентифицировать собранные частицы из изолированных областей.

Размеры Частиц

Меры типа периметра и площади поверхностной области не являются четкими для неровных объектов, потому что они зависят от разрешения измеряющей техники. Также, ребенок, идущий вокруг береговой линии определит больший периметр, чем взрослый, который имеет больший шаг. Ребенок способен проникнуть через укромные уголки и трещины в периметре в то время как взрослый нет. Точно так же площадь поверхности катализатора, определенная из количества атомного газа, адсорбируемого на поверхность, не будет такой же как при определении из адсорбции больших молекул полимера.

Рассмотрим прямую линию от части длины. Если линия измерена по шагам, каждый длины l , то число необходимых шагов

$$N = \frac{1}{\epsilon^D}, \quad \text{where} \quad D = 1.$$

Рассмотрим теперь квадрат со стороной в единицу длины. Если его площадь измерена, наложением на него малых квадратов меньшей площади, каждый сторона l , то число необходимых квадратов

$$N = \frac{1}{\epsilon^D}, \quad \text{with} \quad D = 2.$$

Очевидно, что определение D представляет измерение объекта и что ценность D может быть получена, путем составления $\log\{N\}$ к $\log\{1/l\}$. Измерения явятся интегралом для гладких объектов, но понятие может быть обобщено и для неровных объектов, где D называется рекурсивным измерением с величинами, которые - не являются целыми числами.

Предположим, что периметр p береговой линии измерен, с использованием шага длины l . Из этого следует, что

$$p = N \times \epsilon = \frac{p_0}{\epsilon^D} \times \epsilon = p_0 \epsilon^{1-D}.$$

Участок $\log\{p\}$ к $\log\{l\}$ дает прямую линию с наклоном $(1 - D)$, где D - измерение береговой линии частями, уникальная мера его скалистости. В ранее приведенных примерах прямой линии и квадрата, мы начали с длины единицы и длины стороны единицы соответственно. В случае береговой линии, длина не определена для начала поскольку длина зависит от разрешения измеряющей техники. Однако, константа p_0 может быть расценен

как длина частицы, но с измерением D .

Для последних описаний частиц в контексте металлургии, см. Описание фракталов микроструктуры с использованием изображений.