

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ТРУБ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ СТАРЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОТОВОЙ ТРУБЫ

Прудникова О. Р.

Белорусский национальный технический университет, Минск, РБ
e.o.r@mail.ru

В качестве материала для глубокой вытяжки промышленное применение получили низкоуглеродистые стали марок 08пс, 08Ю. Они обладают высокой степенью деформируемости, которая во многом зависит от величины и формы зерна, а также количества и дисперсности различных включений. Алюминий вводят для измельчения зерна. Он, являясь поверхностно активным элементом, снижает поверхностное натяжение на границах ферритных зерен, образует дисперсные оксиды и нитриды и при рекристаллизационном отжиге способствует получению мелких зерен оладеобразной формы, повышая способность стали к глубокой вытяжке.

Структура холоднокатаного отожженного металла, используемого для производства труб, представляет собой вытянутые зерна феррита с включениями перлита, цементита, оксидов и нитридов алюминия. Атомы внедрения (азот и углерод) выделились из твердого раствора и оставшиеся немногочисленные дислокации являются свободными, т.е. не закреплены.

При изготовлении тонкостенных электросварных труб возможны 2 технологические схемы: в первом случае при формовке сразу получают необходимый диаметр трубы и в процессе калибровки лишь добиваются точности размеров; во втором случае – формируется заготовка большего размера, чем готовая труба, а при редуцировании за счёт обжатия получают трубу меньшего (необходимого) диаметра.

В процессе формовки трубной заготовки происходит деформация полосы металла (штрипса). Поскольку ось трубы и направление прокатки стали совпадают, то штрипс при формовке испытывает изгибающие напряжения поперёк волокон. Обычно наружный слой воспринимает растягивающие нагрузки, а внутренний – сжимающие. Средний слой является как бы переходной зоной. Возможны и иные варианты. Таким образом необходимо рассматривать зональную структуру поперечного сечения трубы. Деформационная картина зависит от диаметра и толщины стенки (типоразмера) трубы, ширины исходного штрипса и технологической схемы производства. При втором способе производства за счет дополнительного обжатия деформационная картина совсем иная, но в любом случае степень деформации там всегда больше.

Некоторые значения степеней деформации различных зон поперечного сечения трубы при производстве на трубоэлектросварочном стане ТЭСА 6-30 приведены в таблице 1.

Выбор технологической схемы производства остаётся всегда за производителем. На этот выбор влияет множество факторов, одним из которых является количество оснастки для производства одного типоразмера трубы и время на переналадку стана.

В результате деформации в металле труб образуются дислокации. Они образуют определенные распределения – дислокационные структуры (или субструктуры) (1). Из литературных источников известно о существовании типов этих субструктур. Классификационным признаком служат характер пространственного распределения дислокаций и наличие разориентировок микрообластей кристалла друг относительно друга. При умеренных степенях деформации возникают неразориентированные субструктуры, а при больших – разориентированные. Дислокационные субструктуры по мере развития деформации возникают не в случайном порядке, а в определенной последовательности, следуя друг за другом.

Таблица 1. Степени деформации различных зон поперечного сечения труб

Способ изготовления трубы	Диаметр трубы x толщина стенки, мм	Степень деформации ((+) – растяжение; (-) – сжатие), %		
		наружного слоя трубы	среднего слоя трубы	внутреннего слоя трубы
формовка	25x1,5	+3,3	-2,9	-9,1
	25x1,2	+2,0	-2,9	-7,8
	25x1,0	+0,0	-4,0	-8,0
формовка	16x1,5	+1,5	-8,0	-17,5
	16x1,2	+4,7	-3,1	-11,0
	16x1,0	+1,5	-4,8	-11,1
редуцирование	14x1,5	-11,1	-20,7	-30,2
	14x1,2	-8,4	-16,2	-24,1
	14x1,0	-11,1	-17,5	-23,8

Каждый тип дислокационной структуры существует в определенном интервале плотностей дислокаций. Для малолегированных сплавов последовательность формирования дислокационных структур следующая: хаос, клубки, ячейки без разориентировок, ячейки с разориентировками, фрагментированная, субструктура динамической рекристаллизации (2).

Формирование каждого типа субструктуры происходит не только и не столько под влиянием внешних приложенных напряжений (последние вызывают развитие скольжения и генерацию дислокаций в объеме материала), а в результате дислокационных перераспределений при взаимодействии между дислокациями. С увеличением плотности дислокаций расстояние между ними все уменьшается, силы междислокационного взаимодействия начинают формировать субструктуры соответствующего класса, возрастает роль коллективных явлений в системе дефектов-дислокаций. Они-то и приводят к формированию соответствующей субструктуры.

Движущей силой процесса перестройки дислокационных субструктур является стремление к относительному минимуму полной энергии дислокационной подсистемы. Она складывается из энергии отдельных дислокаций и энергии их взаимодействия (3).

Для труб, как уже говорилось выше, степень деформации в различных зонах может отличаться и весьма значительно. Следовательно, зоны могут иметь различные субструктуры. Трубы разных типоразмеров будут иметь в этом случае принципиальное качественное отличие – сочетание зон с различной субструктурой в различных пропорциях.

Известно, что переход от одной дислокационной субструктуры к другой приводит к значительному, иногда весьма резкому, изменению механических свойств металлов и сплавов. При этом изменяются механизмы торможения дислокаций, интенсивность деформационного упрочнения, закономерности распространения микротрещин и другие характеристики материала.

Из вышесказанного видно, что механические и технологические свойства труб - величины, зависящие от взаимодействия очень многих факторов. В качестве примера можно упомянуть о том, что при отжиге трубы 16x1,0 мм 08Ю при температуре 650-

700°C в структуре образуется зона столбчатых зерен на поверхности наряду с равноосными зернами в центральной зоне. Это можно объяснить критическими степенями деформации. Такой отжиг приводит к резкому падению пластичности.

Пластическая деформация помимо накопления дефектов вызывает ряд процессов в деформируемом металлическом материале. Тип и закономерности процессов зависят от природы деформируемого материала. Так, в стареющих сплавах происходит перераспределение дисперсных фаз и образование новых, изменение стехиометрического состава и кристаллической структуры имеющихся в них выделений и другие сложные процессы (4).

Применительно к трубам это выглядит так: деформация штрипса при формовке и редуцировании трубы вызывает вырывание закрепленных дислокаций, образование свежих дислокаций и перераспределение атомов внедрения, закрепляющих дислокации, т.е. деформационное старение труб.

Многие процессы, происходящие в металлах и сплавах при пластической деформации, хорошо изучены. Однако недостаточно изученной является природа взаимосвязи превращений дислокационной субструктуры с другими процессами, происходящими в сплавах. Все это определяет важность исследований закономерностей эволюции дислокационной структуры труб и сопутствующих процессов.

Список литературы

1. Новиков, И.И. Дефекты кристаллического строения металлов: Учеб. пособие для вузов/ И.И. Новиков -М.: Металлургия, 1983.- 232с.
2. Конева, Н.А. Классификация, эволюция и самоорганизация дислокационных структур в металлах и сплавах/Н.А. Конева // Соросовский образовательный журнал.- 1996.- №6- с. 99-107.
3. Бернштейн, М.Л. Структура деформированных металлов/М.Л. Бернштейн - М.: «Металлургия», 1976.- 430с.
4. Бабич, В.К., Гуль, Ю.П., Долженков, И.Е. Деформационное старение стали./В.К. Бабич, Ю.П. Гуль, И.Е. Долженков - М.: «Металлургия», 1972-. 320с.

ХАРАКТЕР И МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ АЛЮМИНИЯ, ДЕФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО НАГРУЖЕНИЯ

Бадиян Е. Е., Тонкопряд А. Г., Шеховцов О. В., Шуринов Р. В.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, г. Харьков, Украина
Evgeny.E.Badiyan@univer.kharkov.ua

В реальных поликристаллах, отличающихся исходной дефектной структурой, кристаллографической ориентацией зерен и наличием границ зерен (ГЗ) разного типа, вопрос о возникновении и развитии трещин при пластическом деформировании является достаточно сложным.

В настоящей работе изучены условия возникновения и закономерности развития трещин и характер разрушения двумерных поликристаллов алюминия со средним размером зерна \bar{d} от 1 до 20 мм, прошедших различную предварительную термомеханическую обработку и деформированных в условиях одноосного растяжения со скоростью деформирования $\dot{\epsilon} \approx 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ при комнатной температуре. В двумерных поликристаллах из-за отсутствия стесненности в направлении, перпендикулярном поверхности образца, все структурные и ориентационные эффекты, предшествующие возникнове-