

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

На правах рукописи

Окуненко Алена Сергеевна

**Исследование кинетики статического и циклического
деформирования металлических материалов**

Направление подготовки 22.04.01 - «Материаловедение и технологии
материалов»

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



2017г.

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Одной из важнейших задач при разработке технологического процесса изготовления детали является прогнозирование дефектов, возникающих при ее деформировании.

На сегодняшний день весьма актуально для многих отраслей рассмотрение существующих и разработка новых методик получения FLD диаграмм предельной устойчивой деформации. Для анализа предельного формоизменения материала при листовой штамповке широко применяются диаграммы предельных деформаций (FLD-диаграммы), которые устанавливают связь между компонентами главных деформаций в момент разрушения.

Диаграммы предельных деформаций часто используются на стадии проектирования инструмента путем математического моделирования. Таким образом можно проанализировать технологию изготовления детали и оптимизировать технологический процесс прежде, чем будет изготовлен инструмент, что значительно сокращает время и затраты на изготовление продукции.

Существует достаточно много способов получения диаграмм предельных деформаций. Все они сводятся к тому, чтобы достичь разрушения листового материала при различных предсказуемых или измеримых деформированных состояниях. В научной литературе, статьях и работах более освещена и изучена область одноосной деформации. В данной работе исследуется область от двухосной до плоской предельных устойчивых деформаций. Направлено это исследование на получение новых, достоверных сведений об изменении свойств материала для возможного применения их в производственно- промышленной практике.

Целью исследования является получение достоверных сведений о связи структурных изменений с механическими свойствами алюминиевого

сплава 1163 при испытаниях на одноосное, двухосное и плоское деформирование.

Задачи исследования:

- 1) испытание образцов по методике отбортовки полос переменной ширины с построением соответствующих FLD диаграмм;
- 2) подготовка образцов для получения количественных структурных характеристик и механических свойств;
- 3) определение влияния характера деформаций, числа осей приложенной нагрузки на структурные изменения, определяемые по параметру плотности границ;
- 4) определение влияния нагружения на структурные изменения, определяемые упрочнением, измеряемым микротвердостью.

Объектом исследования являются различные виды деформаций, в нашем случае это двухосные, плоские и одноосные устойчивые деформации.

Предметом исследования является анализ изменения структуры и механических свойств в зависимости от вида прилагаемой нагрузки.

Методы решения поставленных задач: измерение микротвердости образцов по шкале Виккерса (HV), структурный количественный анализ методом компьютерной металлографии, методика построения FLD диаграмм.

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

- 1) количество осей нагружения не влияет на изменения зависимости структуры и твердости от степени деформации;
- 2) большие значения твердости, возникшие в результате деформационного упрочнения, соответствуют повышению плотности границ зерен.

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Экспериментальные исследования проведены с использованием современного оборудования. Подготовка и испытания образцов проведены согласно стандартам. Определение структурных показателей и механических

свойств изученного материала проводилось с применением апробированных методик и оборудования.

Практическая значимость и ценность работы

Результаты работы могут быть применены для определения максимальных предельных деформаций, на которые способен материал, предупреждая его разрушение. Степень готовности на уровне поисковых работ.

Личный вклад автора заключается в формулировании задач диссертационной работы, изготовлении и подготовке образцов марки 1163, проведении механических испытаний и структурных исследований, анализе и обобщении экспериментальных данных, сопоставлении результатов исследований с известными литературными данными и формулировании выводов по полученным результатам.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) влияние количества осей нагружения на изменения зависимости структуры и твердости от степени деформации;
- 2) влияние больших значений твердости материалов возникающих в результате деформационного упрочнения на плотность границ зерен;
- 3) изменение значений твердости у образца с дву[осным нагружением;
- 4) изменение степени деформации и твердости в образцах, испытывающих одноосные или плоские деформации.

Структура и объём магистерской диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трёх разделов, заключения и списка литературы. Общий объём работы составляет 60 страниц и включает 34 рисунка, 8 таблиц, список используемой литературы, состоящий из 30 наименований.

Основное содержание диссертации

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель и задачи исследования. Первая глава посвящена анализу состояния проблемы исследования. **В первой главе** освещены следующие вопросы:

- 1) исследуемый материал - алюминиевый деформируемый сплав марка 1163 общие сведения;
- 2) дисперсионное упрочнение;
- 3) изменение свойств и структуры металла при деформации;
- 4) влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов;
- 5) влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства алюминиевых сплавов;
- 6) изменение структуры и свойств деформированного металла при нагреве;
- 7) методика испытаний по методам Наказимы и Марциньяка;
- 8) методика построения диаграмм предельных деформаций (FLD-диаграммы) по результатам отбортовки полос переменной ширины.

На основании проведенного анализа работ сформулированы задачи исследований, направленные на решение проблемы – получения достоверных сведений о связи структурных изменений с механическими свойствами алюминиевого сплава 1163 при испытаниях на одноосное, двухосное и плоское деформирование.

Во второй главе подробно описаны:

- 1) образцы, используемые для испытаний,- алюминиевый деформируемый сплав марки 1163 с различной шириной образцов;
- 2) **методика отбортовки полос** переменной ширины с отверстием в центре симметрии.

Установку образцов осуществляли с помощью ловителя, центрирующего их относительно пуансона. Испытания выполнялись в автоматическом режиме до максимального усилия, в момент которого наблюдалась потеря устойчивости на кромке отверстия, и пуансон останавливался.

3) методика подготовки и фотографирования металлографических шлифов.

- отрезка, шлифовка, полировка и травление образца;
- цифровые изображения микроструктур с помощью металлографического микроскопа NikonMA-200, Кратность увеличения ($\times 1000$);
- измерение микротвердости с помощью микротвердомера HNV-2 (Shimadzu) по шкале Виккерса (HV);

4) методика компьютерной металлографии - обработка изображений микроструктур с помощью специальной программы Image.Pro.Plus.5.1.

В третьей главе описываются результаты исследований и выявленные закономерности:

1) результаты исследования удельной плотности границ для образцов, взятых вдоль относительно длинной стороны образца (рисунок 1).

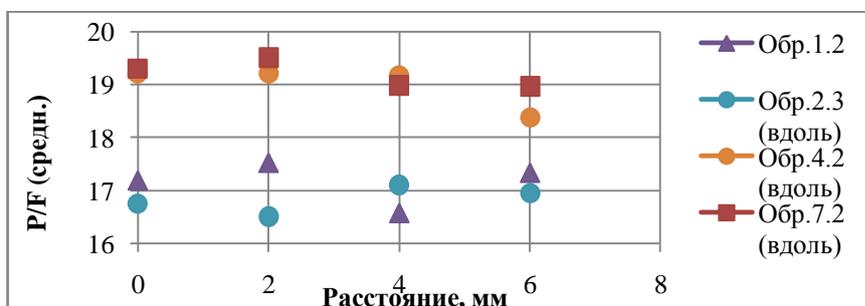


Рисунок 1- График зависимости удельной плотности границ от расстояния для образцов, взятых вдоль относительно длинной стороны образца

На основании полученных данных был сделан вывод о том, что по мере уменьшения ширины образцов растягивающие напряжения переходили в сжимающие, в связи с чем происходило повышение плотности границ зерен;

2) результаты анализа микротвердости для образцов, взятых вдоль относительно длинной стороны образца (рисунок 2);

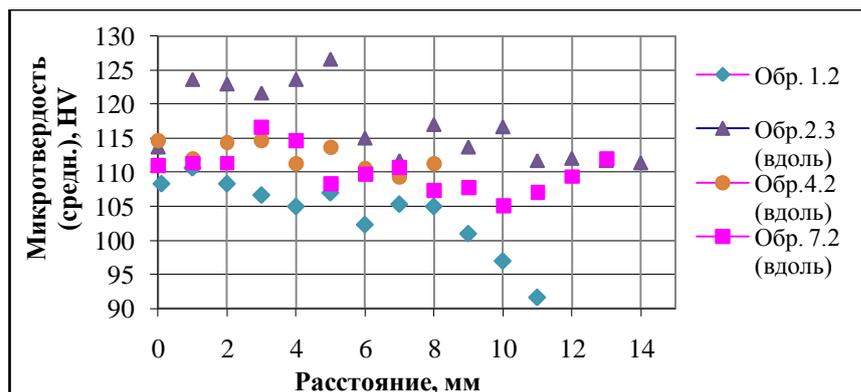


Рисунок 2- График зависимости микротвердости от расстояния для образцов, взятых вдоль относительно длинной стороны образца

На основании полученных данных был сделан вывод о том, что у образца 2.3 произошло упрочнение материала, связанное с возникновением сжимающих напряжений, а также прослеживается снижение твердости по мере удаления от отверстия. У образцов 4.2 и 7.2 наблюдается неравномерное упрочнение и разупрочнение по мере удаления от отверстия;

3) результаты анализа удельной плотности границ зерен от расстояния для образцов, взятых поперек относительно длинной стороны (рисунок 3).

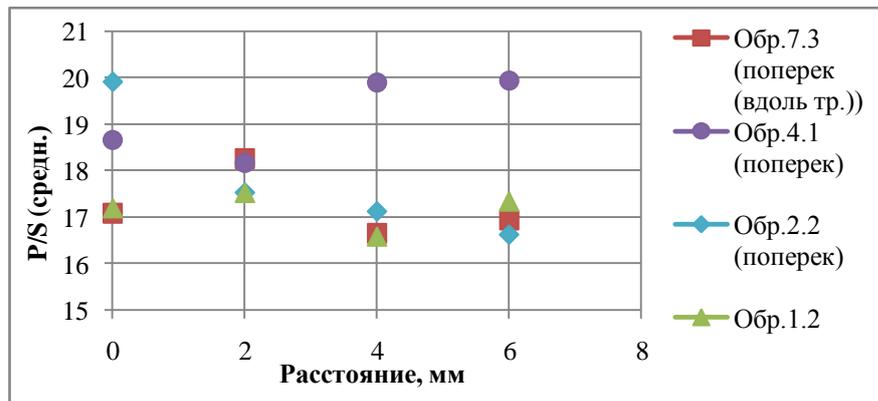


Рисунок 3- График зависимости удельной плотности границ зерен от расстояния для образцов, взятых поперек относительно длинной стороны образца

На основании полученных данных был сделан вывод, что у образца 2.2 вблизи отверстия плотность границ выше, это связано с действием, появившихся в связи с уменьшением ширины образца сжимающих напряжений. У образца 4.1 большее значение плотности границ. Плотность границ коррелирует со значениями твердости на расстоянии 4-6 мм. Образец 7.3 в сравнении с образцом 4.1 обладает более низкой плотностью границ, так как у этого образца преобладают напряжения растяжений;

4) результаты измерения микротвердости для образцов, взятых поперек относительно длинной стороны образца (рисунок 4).

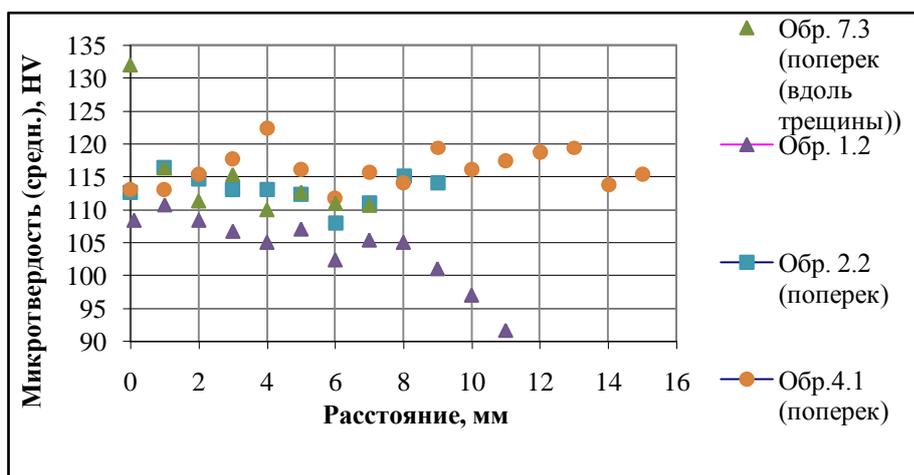


Рисунок 4- График зависимости микротвердости от расстояния для образцов, взятых поперек относительно длинной стороны образца

На основании полученных данных был сделан вывод, о том, что поперек все образцы, кроме первого, имеют примерно одинаковую твердость до 8 мм удаления от края отверстия, что подтверждает возникновение пластических деформаций, приведшее к упрочнению материала в данной зоне. При удалении в зоне более 8 мм в образце 4.1 сохраняется значение твердости, соответствующее упрочненному материалу. В образце 1.2 твердость снижается, что говорит о снижении степени деформации в данной зоне;

5) результаты анализа удельной плотности границ зерен от расстояния для образцов, взятых в диагональ относительно длинной стороны образца (рисунок 5).

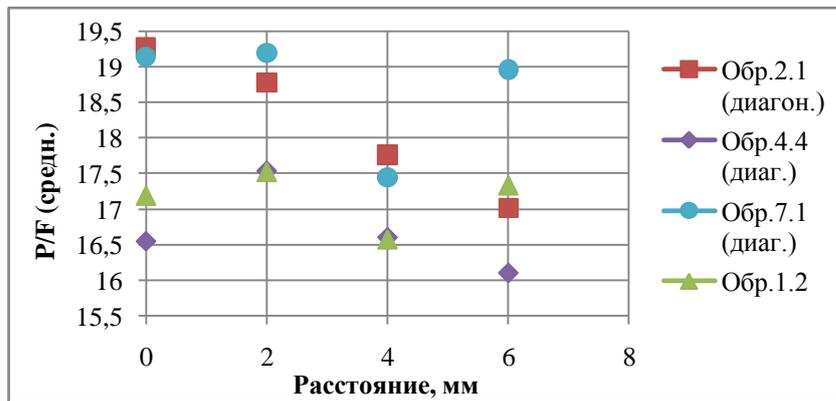


Рисунок 5- График зависимости удельной плотности границ зерен от расстояния для образцов, взятых в диагональ относительно длинной стороны образца

На основании полученных данных был сделан вывод, что образец 2.1 характеризуется равномерным монотонным снижением плотности границ зерен при удалении от края отверстия. Можно выделить большую плотность границ у образца 7.1. У образца 4.4 наблюдаем процесс увеличения плотности границ вблизи отверстия, это может быть связано с преобладанием сжимающих напряжений близ отверстия;

б) Результаты измерения микротвердости для образцов, взятых в диагональ относительно длинной стороны образца (рисунок б).

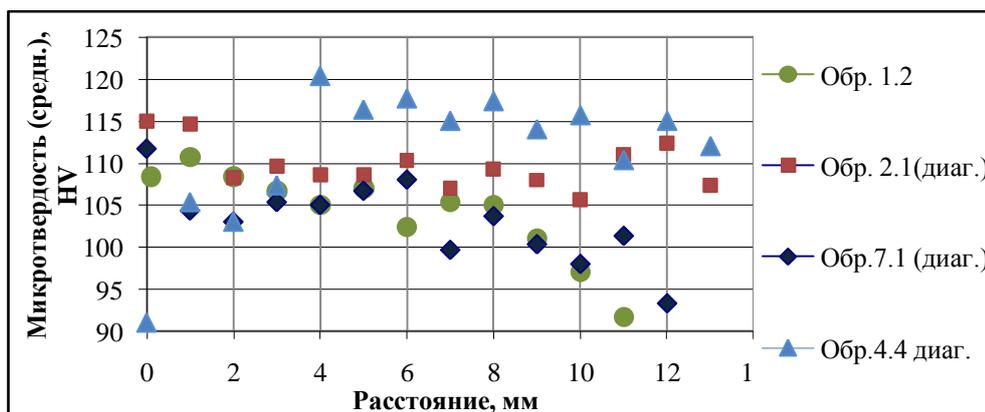


Рисунок б- График зависимости микротвердости от расстояния для образцов, взятых в диагональ относительно длинной стороны образца

На основании полученных данных был сделан вывод: у образца 2.1 при удалении от отверстия попеременно происходит упрочнение, разупрочнение материала, что может объясняться неравномерным распределением нагрузок. Вблизи отверстия образец 4.4 разупрочняется, по мере удаления от него происходит упрочнение, связанное с неравномерным распределением напряжений, также к этому могут приводить сдвиговые деформации. Образцы 7.1 и 1.2 фактически имеют примерно одинаковые значения микротвердости, и обе зависимости имеют тенденцию к снижению твердости по мере удаления от отверстия. Однако у образца 7.1 вблизи отверстия значение твердости выше, которое по мере удаления от отверстия снижается. Это может быть связано с тем, что вблизи отверстия мы имеем высокую плотность границ или же некое скопление дисперсных частиц, приводящих к повышению твердости;

7) результаты анализа удельной плотности границ зерен для образцов с трещиной (рисунок 7).

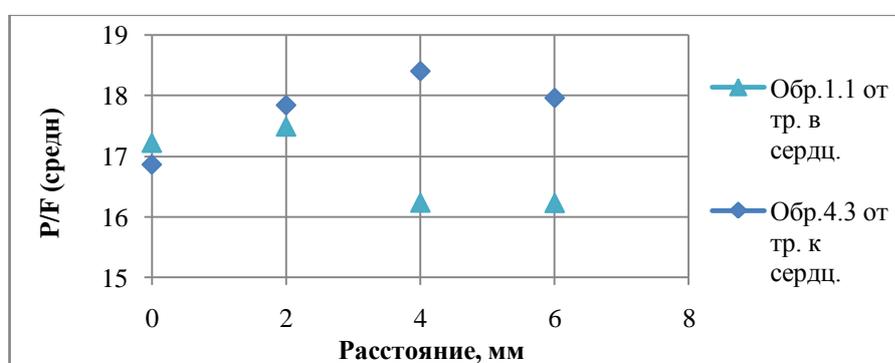


Рисунок 7- График зависимости удельной плотности границ зерен от расстояния для образцов с трещиной

На основании полученных данных был сделан вывод, что у образца 4 при удалении от трещины наблюдается повышение плотности границ, а также значения плотности границ коррелируют с твердостью. У образца 1.1 при удалении от трещины плотность границ сначала повышается, затем падает;

8) Результаты измерения микротвердости для образцов с трещиной (рисунок 8).

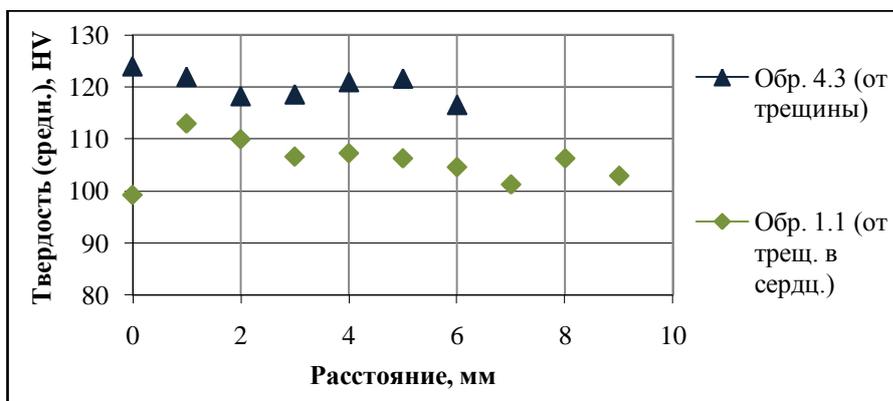


Рисунок 8- График зависимости твердости от расстояния для образцов с трещиной

На основании полученных данных был сделан вывод: у всех образцов с трещиной наблюдается тенденция к снижению твердости по мере удаления от нее. Образец 1.1, вблизи трещины имеет достаточно низкое значение твердости, что можно связать с появлением небольшого разрыхления.

Заключение

В ходе проделанной работы были сделаны следующие выводы:

1. Количество осей нагружения не влияет на изменения зависимости структуры и твердости от степени деформации.
2. Практически для всех образцов большие значения твердости материала, возникающие в результате деформационного упрочнения, соответствуют увеличению плотности границ зерен.
3. Для образца с двухосным нагружением степень деформаций и соответствующая ей твердость снижаются при удалении от края отверстия.
4. При деформации образцов, испытывающих одноосную или плоскую деформацию, наблюдается сохранение степени деформации и твердости при удалении от края отверстия. Структурные зависимости с твердостью при этом сохраняются.