

Задание к третьей расчетно-графической работе

Необходимо построить кривую пластического течения (диаграмму растяжения), лучше использовать ПО “Origin”, в ТПУ есть доступ.

По осям необходимо выбрать масштаб, оси можно обозначить символами « σ » и « ϵ » с указанием единиц измерения «МПа» и «%» или словами «напряжение течения» и «Деформация», также указав единицы измерения. Поле рисунка должно иметь размеры примерно равные половине листа А4. Затем требуется определить механические характеристики, это предел текучести, предел прочности, удлинение до разрушения (максимальная деформация до разрушения), величину упругой деформации и модуль упругости. Необходимо дать описание полученных результатов и диаграммы растяжения.

На следующей странице приведена схема диаграммы и показано, как определить характеристики. Далее приведены материалы Вам в помощь. Прошу ознакомиться с этим материалом.

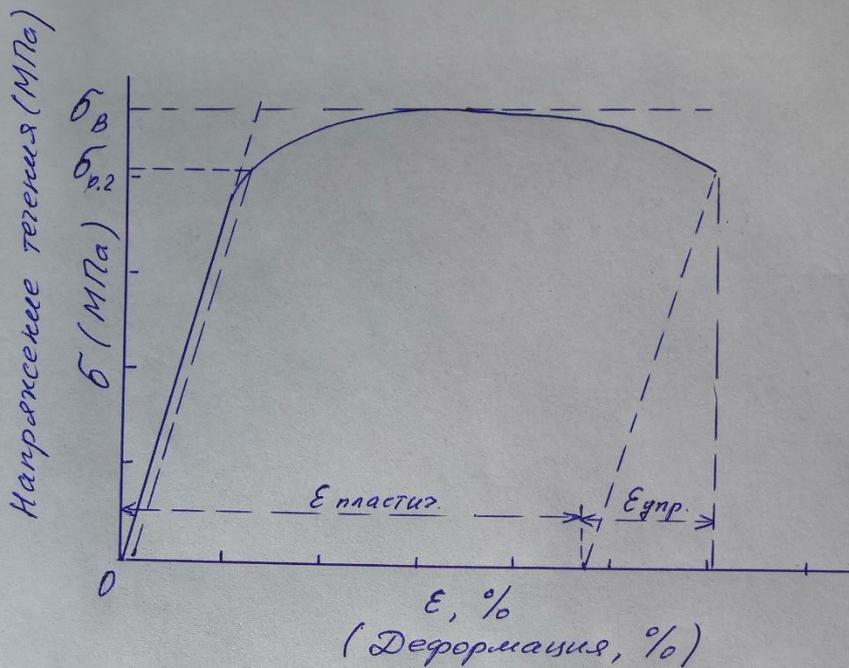


Диаграмма растяжения
(Кривая пластического течения)

$\sigma_{0.2}$ (σ_T) - предел текучести
(остаточная деформация составляет 0,2%)

σ_B - предел прочности

$\epsilon_{упр.}$ - упругая деформация

$\epsilon_{пласт.}$ - максимальная деформация
(удлинение) или δ

Для упругой области

$$\sigma \sim \epsilon \Rightarrow \sigma = E\epsilon$$

E - модуль упругости

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Определяете как

$$E = \frac{\sigma_{0.2}}{\epsilon_{упр.}}$$

$\epsilon_{упр.}$ - берете в относительных единицах (не в %!)

Из конспекта лекций Ю.В. Скворцова по дисциплине «Теории пластичности и ползучести», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, 2013, 85 стр.

Расчёты за пределами упругости основываются на экспериментальном исследовании механических свойств материалов при одноосном растяжении. Результаты таких исследований обычно представляются в виде графиков зависимости напряжения от деформации. При этом силу P , растягивающую образец, относят к первоначальной площади поперечного сечения F_0 , а удлинение образца Δl – к первоначальной длине образца l_0 :

$$\sigma = \frac{P}{F_0}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (1)$$

т.е. не учитывают изменение площади поперечного сечения образца и предполагают равномерное деформирование образца по всей длине. Поэтому график зависимости напряжения от деформации (рисунок 1), построенный с использованием формул (1), называется условной диаграммой растяжения. Иногда его называют просто диаграммой растяжения.

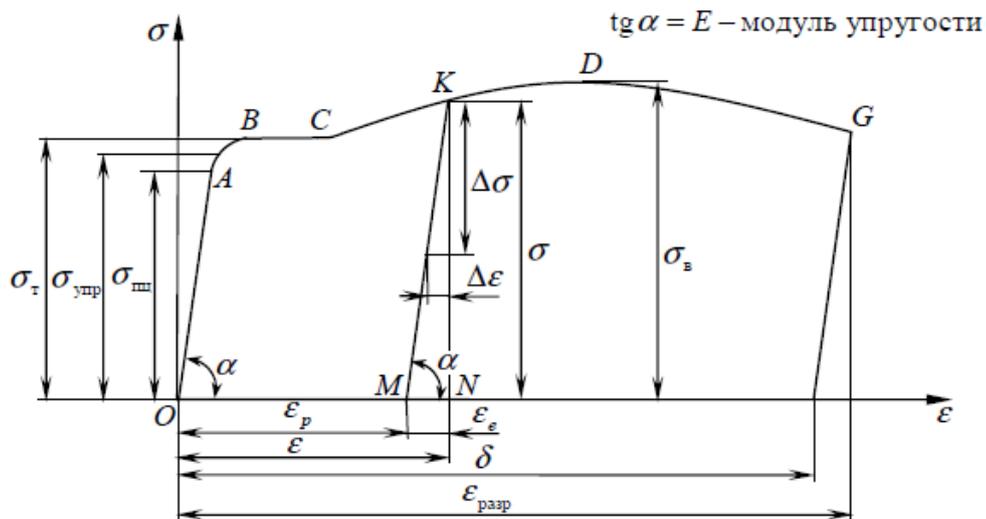


Рисунок 1 – Диаграмма растяжения материала

Поскольку в начальной стадии нагружения справедлив закон Гука, зависимость напряжения от деформации является линейной (участок OA на рисунке 1). При некотором напряжении $\sigma_{ш}$, называемом пределом пропорциональности материала, линейная зависимость нарушается (участок AB). До

напряжения $\sigma_{\text{упр}}$, называемого пределом упругости, материал остаётся упругим, т.е. после разгрузки будут отсутствовать остаточные деформации. На площадке текучести BC образец деформируется при постоянной силе (течёт). Соответствующее напряжение σ_{τ} называется физическим пределом текучести материала.

Если на условной диаграмме растяжения материала площадка текучести отсутствует (как это имеет место для большинства легированных сталей), то вводится понятие условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ как напряжения, соответствующего остаточной деформации 0,002, или 0,2% (рисунок 2).

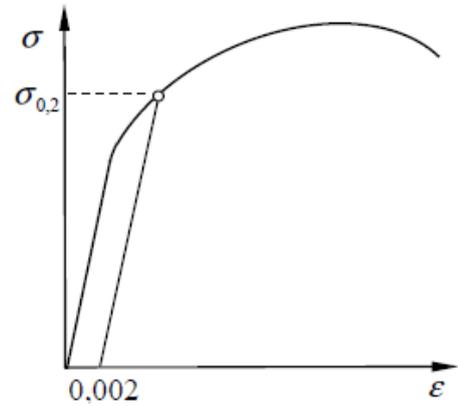


Рисунок 2 – К определению условного предела текучести

Площадка текучести BC переходит в кривую CDG , называемую кривой упрочнения. Последняя имеет точку максимума D ,

ордината которой равна пределу прочности или временному сопротивлению $\sigma_{\text{в}}$. При напряжении, равном пределу прочности или несколько меньше его, на образце возникает местное утонение, называемое шейкой. Постепенное развитие её всё более и более ослабляет образец, и для его деформации нужны всё меньшие и меньшие силы. Поэтому процессу деформирования образца, ослабленного шейкой, соответствует ниспадающий участок DG до разрушения образца в точке G .

Если образец растянуть до некоторого напряжения $\sigma > \sigma_{\text{мн}}$ (точка K на рисунке 2), а затем постепенно его разгрузить, то диаграмма разгрузки KM не совпадёт с диаграммой первичного нагружения. Она представляет собой прямую, параллельную участку OA . В этом состоит так называемый закон разгрузки: уменьшение напряжения при разгрузке $\Delta\sigma$ прямо пропорционально уменьшению деформации $\Delta\varepsilon$, причём коэффициент пропорциональности тот же, что и в начальной стадии нагружения:

$$\Delta\sigma = E\Delta\varepsilon \quad (2)$$

Следовательно, полная деформация ε (отрезок ON) для некоторого напряжения σ , может быть представлена в виде суммы упругой деформации ε_e , исчезающей при полной разгрузке (отрезок MN), и остаточной или пла-

стической деформации ε_p , остающейся после полной разгрузки (отрезок OM).

Полную деформацию образца при разрыве $\varepsilon_{\text{разр}}$ можно также разделить на упругую и пластическую, которая обычно обозначается буквой δ и называется остаточным удлинением при разрыве. В момент разрыва образца происходит мгновенная его разгрузка. Поэтому, вычитая из суммы длин половинок образца его первоначальную длину, можно определить остаточное удлинение при разрыве $\Delta l_{\text{разр}}$. Отношение этого удлинения к первоначальной длине l_0 и равняется величине δ :

$$\delta = \frac{\Delta l_{\text{разр}}}{l_0}, \quad (3)$$

которая характеризует пластичность материала. Чем материал пластичнее, тем δ больше. Заметим, что остаточное удлинение при разрыве зависит от отношения расчётной длины образца к его диаметру. С увеличением этого отношения δ уменьшается. Обычно образцы имеют отношение l_0/d_0 , равное 10 (длинный образец) или 5 (короткий образец). Если у δ не стоит цифра 5 в индексе (δ_5), то это значит, что остаточное относительное удлинение при разрыве получено при испытании длинного образца.

В зависимости от величины δ материалы подразделяются на пластичные и хрупкие. Пластичные материалы могут иметь значительные остаточные удлинения (порядка 10...40%). Что касается хрупких материалов, то их остаточные удлинения бывают в пределах нескольких процентов и даже менее 1%. К числу весьма пластичных материалов относятся отожжённая медь, алюминий, латунь, малоуглеродистые стали. Менее пластичными являются дюраль, бронза, многие легированные стали. Примеры хрупких материалов: чугун, высокоуглеродистые инструментальные стали.

Примерная последовательность выполнения расчёта

Условное напряжение σ_{eng} (engineering stress) определяется, используя соотношение:

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{S_0},$$

где F_0 – нагрузка, приложенная к образцу, S_0 – поперечное сечение рабочей части образца, $S_0 = a_0 \times b_0$, a_0 – ширина образца, b_0 – толщина образца

Условная деформация ε_{eng} (engineering strain) определяется по формуле:

$$\varepsilon_{eng} = \frac{\Delta l}{l_0},$$

где Δl – удлинение рабочей части образца, l_0 – начальная длина рабочей части образца

Примерная последовательность расчета:

1. Перенести данные из Excel в Origin

File / Import / Comma Delimited (csv)

2. Построить График «Нагрузка от времени»

На графике найти значение «мертвого времени» t_0

В колонке «Load» найти значение соответствующее t_0

Вырезать массивы исходных данных выше значения t_0

Вычесть из Время значение t_0

3. Рассчитать Δl

К колонке «Position» прибавить «нулевое» значение в колонке «Position»

4. Рассчитать деформацию

$$\Delta l / l_0$$

5. Рассчитать напряжение

Load / S_0

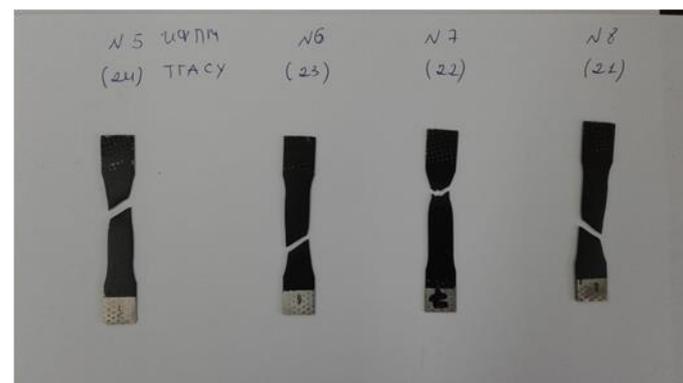
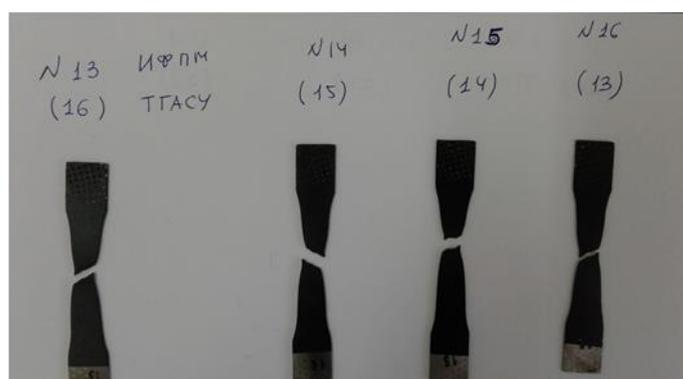
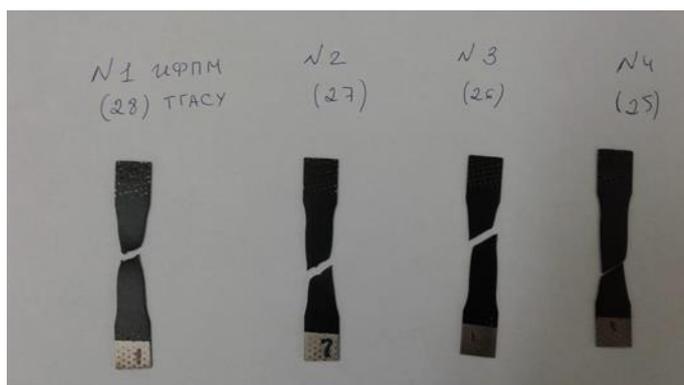
где $S_0 = a_0 \times b_0$, a_0 – ширина образца, b_0 – толщина образца

a_0 , b_0 и l_0 - приведены в таблицы размеры рабочей части образца

Размеры образцов сплава Zr-1Nb (Э110) и структурное состояние

Номер образца	Ширина, a_0 , мм	Толщина, b_0 , мм	Длина рабочей части, l_0 , мм	Структурное состояние
1	8,05	0,89	30	Ультрамелкозернистое состояние, Средний размер зерна – 0,2 мкм
2	8,04	0,76	30	
3	8,02	0,82	30	
4	7,97	0,87	30	
5	7,87	0,9	30	
6	7,96	0,71	30	
7	8,06	0,73	30	
8	7,94	0,84	30	
9	7,97	0,81	30	Ультрамелкозернистое состояние + отжиг длительностью 1 час при 400°С, средний размер зерна – 0,3 мкм
10	7,99	0,84	30	
11	8,07	0,87	30	
12	8,02	0,83	30	
13	7,85	0,92	30	Ультрамелкозернистое состояние + отжиг длительностью 1 час при 450°С, средний размер зерна – 0,7 мкм
14	7,86	0,96	30	
15	7,96	0,85	30	
16	7,98	0,68	30	
17	8,02	0,87	30	Ультрамелкозернистое состояние + отжиг длительностью 1 час при 500°С, средний размер зерна – 1,2 мкм
18	8,02	0,92	30	
19	8,08	0,9	30	
20	8,09	0,91	30	
21	7,95	0,81	30	Ультрамелкозернистое состояние + отжиг длительностью 1 час при 600°С, средний размер зерна – 2,0 мкм
22	8,0	0,82	30	
23	8,02	0,83	30	
24	8,0	0,82	30	
25	7,93	0,81	30	
26	8,01	0,82	30	
27	8,04	0,83	30	
28	8,06	0,83	30	

Образцы сплава после механических испытаний на растяжение



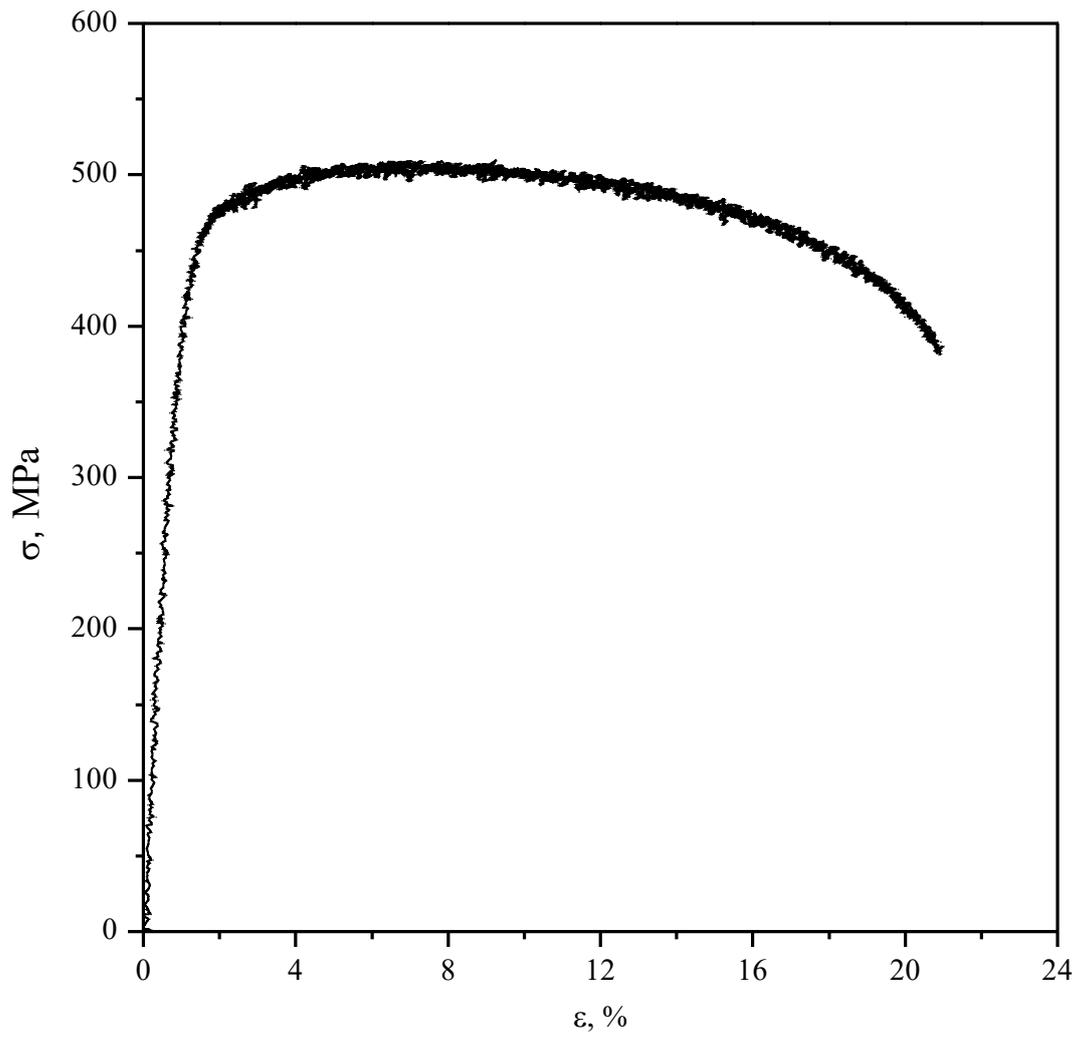


Рисунок. Диаграмма растяжения сплава Zr - 1 мас. % Nb, далее указываем состояние, как в таблице.

Структурные состояния испытываемых образцов сплава Zr-1 мас.% Nb

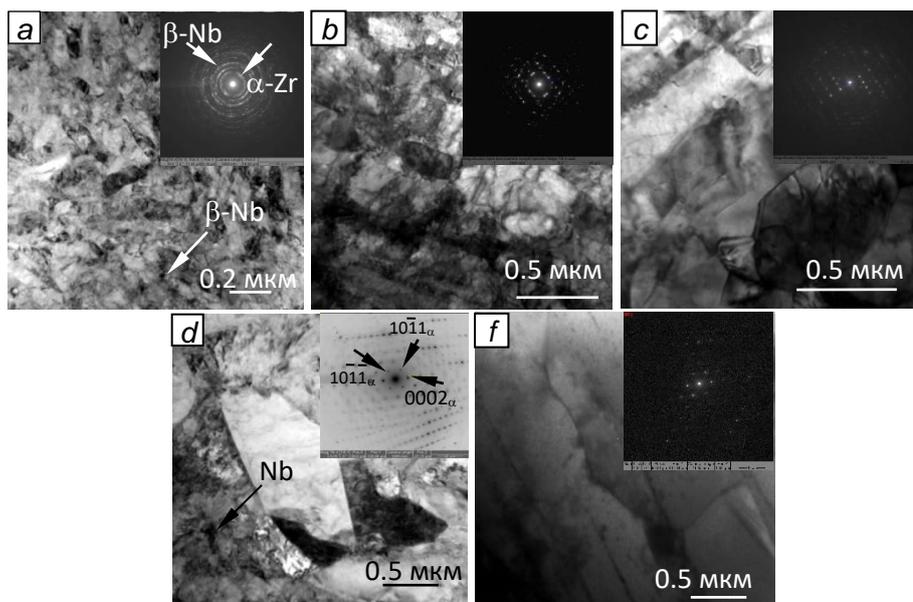


Рис. Электронно-микроскопические светлопольные с соответствующими микродифракциями изображения сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии и после отжигов, °С: *a* – УМЗ; *b* – 400; *c* – 450; *d* – 500; *f* – 580, стрелками показаны рефлекссы от идентифицированных фаз и сами фазы

Структура сплава Zr1Nb в УМЗ состоянии представлена зернами матричной фазы α -Zr (ГПУ-решетка). О присутствии в сплаве частиц β -Nb (ОЦК-решетка) свидетельствует данные микродифракционного анализа, полученные в результате ПЭМ-исследований и микрорентгеноспектрального анализа элементного состава. Средний размер элементов структуры сплава Zr1Nb составил 0,2 мкм, что соответствует также УМЗ состоянию.

Отжиг при 400°C приводит к более интенсивному процессу рекристаллизации и формированию в локальных областях зерен с четкими границами. Наблюдается рост среднего размера элементов структуры до 0,3 мкм. При температурах выше 450°C идут процессы собирательной рекристаллизации и происходит существенное увеличение среднего размера субзерен циркония до 0,7 мкм. О существенном снижении уровня внутренних напряжений свидетельствует и снижение количества экстинкционных контуров. Согласно идентификации микродифракций качественно фазовый состав не меняется.

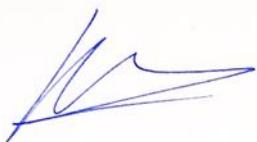
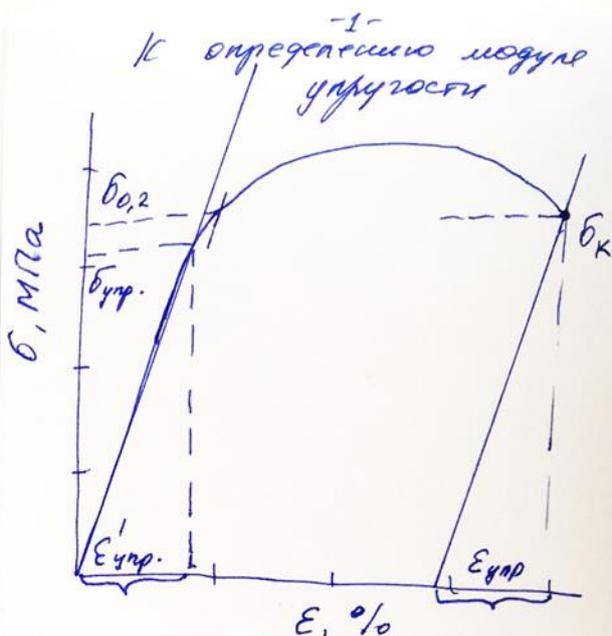
Повышение температуры отжига до 500°C приводит к существенному изменению неравновесной структуры сплава. УМЗ структура трансформируется в мелкокристаллическую с достаточно четкими границами зерен. Имеет место существенное увеличение среднего размера элементов структуры до 1,2 мкм, что отвечает мелкозернистому диапазону размеров зерен. Отжиг при 580°C способствует дальнейшему росту среднего зерна циркония до 2 мкм, частиц ниобия до 0,08 мкм и активным процессам рекристаллизации. В основном присутствуют зерна и субзерна с четкими границами. Как было отмечено выше, частицы ниобия дополнительно идентифицировали методом микрорентгеноспектрального анализа. Отметим, что в случае отжигов при 500 и 580 °С на микродифракционных картинах наблюдаются точечные рефлекссы, соответствующие α -фазе циркония. Отжиг при 580°C не способствуют стадии образования зародышей новых зерен, наблюдается лишь рост созданных в процессе ИПД субзерен и фрагментов.

Дополнительные рекомендации

-0-

Проблема

Доработать отчеты по 3^{ей} поверочной работе согласно рекомендациям и обильным замечаниям.

-2-

Модуль упругости

$$E = \frac{\sigma_k}{\epsilon_{упр}}$$

$\epsilon_{упр}$ - в относительных единицах

или

$$E = \frac{\sigma_{упр}}{\epsilon'_{упр}}$$

-3-

Необходимо присоединить файл с диаграммой или графиком в Origin

обратите внимание на приведенный пример необходимо оценить погрешность определяемых величин и провести хотя бы соответствующее округление

-4-

Пишите правильно наименования единиц

$[\sigma] = \text{МПа}$ или ГПа

Π - прописная буква

Указывайте исходные данные, в том числе сплав Zr-1мас. % Nb, состав сплава, параметры образца. Давайте подробное описание.

-5-

Не забывайте рассчитать модуль упругости!

Подготовленную работу присылаем в pdf или doc (docx) формате с графиком, расчетами и описанием плюс в origin