

Кафедра «Материаловедение и технология обработки
материалов»

Молибденовые сплавы

Осинцев О.Е., Шалин А.В., Пожого В.А.

методические указания к практической работе по курсу
«Материаловедение и технология современных и перспективных
материалов. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе».

Дисциплина из профессионального цикла для студентов
магистерской подготовки специальности 150100

Москва 2015

Введение

На практическом занятии студенты должны получить навыки анализа фазового состава и структуры молибденовых сплавов с использованием соответствующих диаграмм состояния. Они также должны научиться анализировать изменение структуры и свойств этих сплавов при пластической деформации и термической обработке. В качестве объекта исследования выбраны промышленные малолегированные жаропрочные молибденовые сплавы с карбидным уплотнителем систем Mo-Zr-C и Mo-Zr-Ti-C, а также высоколегированные сплавы систем Mo-W и Mo-Re.

Литература

Осинцев О.Е. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе: учеб. пособие для ВУЗов.- М.: Машиностроение, 2013 – 156с., ил.

- **1. Цель работы:**

Получение практических навыков анализа фазовых превращений в молибденовых сплавах с использованием диаграмм состояния и изучение влияния фазового состава на свойства.

- **2. Порядок выполнения работы**

- 1. Изучить диаграмму состояния Mo-Zr-C (рис.1) и составить структурную схему фазовых равновесий в этой системе.
- 2. Пользуясь диаграммой состояния системы Mo-Zr-C (рис.1), изучить фазовые превращения в молибденовых сплавах с различным содержанием циркония и углерода и различным соотношением этих элементов. Определить фазовый состав и структуру этих сплавов.
- 3. Пользуясь изометрическими сечениями системы Mo-Zr-Ti-C, определить фазовый состав промышленных сплавов ЦМ2А, ВМ1 при температурах 1500 и 1800°C. Нанести фигуративные точки этих сплавов на разрезы.
- 4. Нанести ординаты промышленных сплавов ЦМВ30 и МР47ВП на диаграммы состояния Mo-W и Mo-Re и объединить влияние легирующих элементов в этих сплавах на свойства.

- **3. Требования к отчету**

В отчете должны быть представлены диаграммы состояния системы Mo-Zr-C, Mo-Zr-Ti-C, Mo-W и Mo-Re, таблица и графики с химическим составом и свойствами сплавов, структурная схема фазовых равновесий в системе Mo-Zr-C.

Химический состав, температура начала рекристаллизации и механические свойства молибденовых сплавов в отожженном состоянии

Марка сплава	Легирующие элементы, %				$t_{н.р.}, ^\circ\text{C}$	Механические свойства при 1200°C	
	C	Zr	Ti	прочие		σ_B , МПа	σ_{100} , МПа
ЦМ1(Mo)	<0,05	—	—	—	1050	100	40
МТ	$\leq 0,02$	—	0,4			—	—
ЦМ2А	$\leq 0,004$	0,1	0,2		1300	250	100
ЦМ6	$\leq 0,004$	0,15	—	0,002В	1300	350	140
ВМ1	0,1	0,12	0,1			340	90
4605	0,20	0,6	—			—	—
ВМ3	0,3	0,45	0,1	1,5Nb	1650	535*	—
ЦМ5	0,06	0,5	—		1600	500	200
ЦМВ30	$\leq 0,01$	—	—	30W	1400	300	250
МР47ВП	$\leq 0,004$	—	—	47Re		—	—

* При температуре 1300°C

Диаграмма системы Mo-Zr-C (по А. М. Захарову)

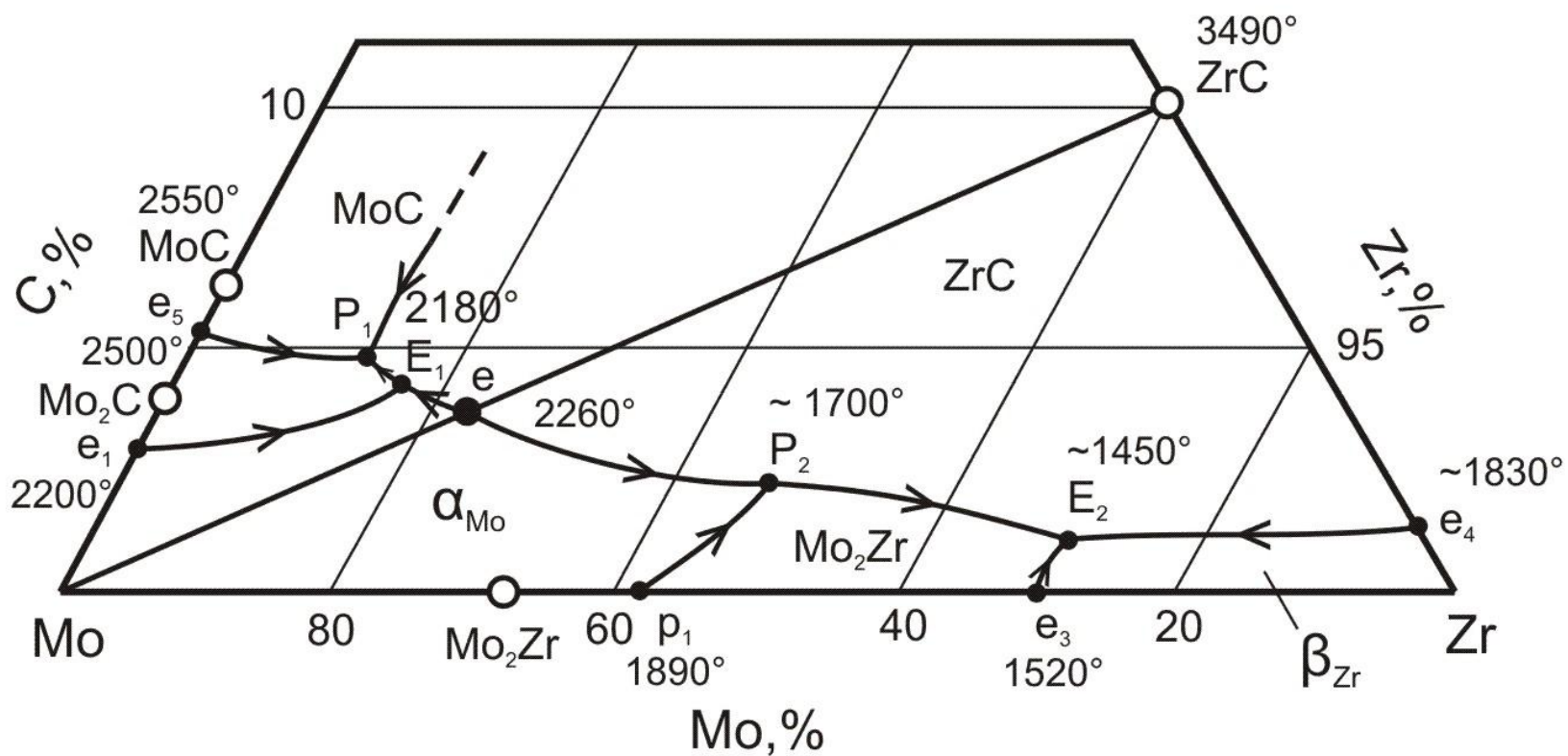


Рис. 1

Изометрический разрез диаграммы системы Mo-Zr-C при 1200°C

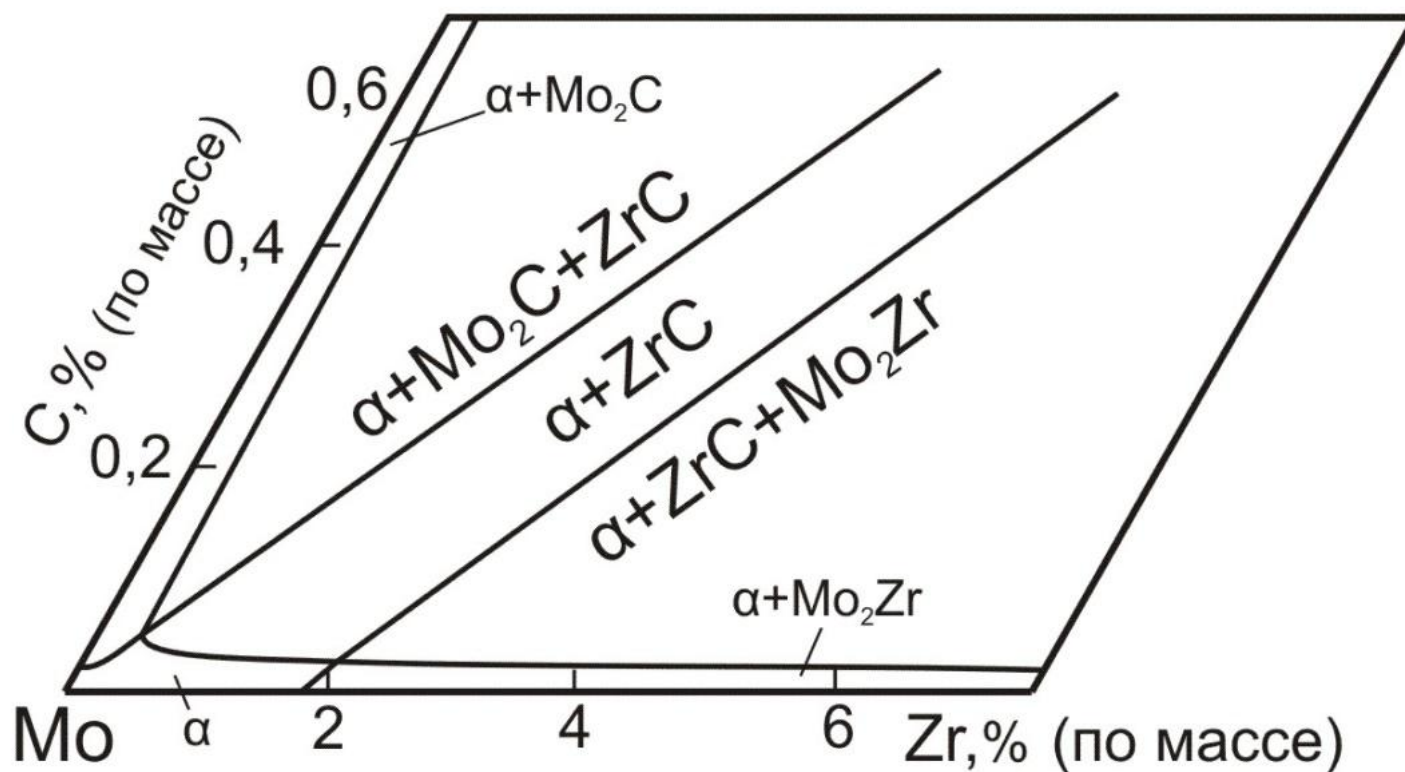


Рис. 2

Молибденовый угол диаграммы Mo-Zr-C (по А. М. Захарову)

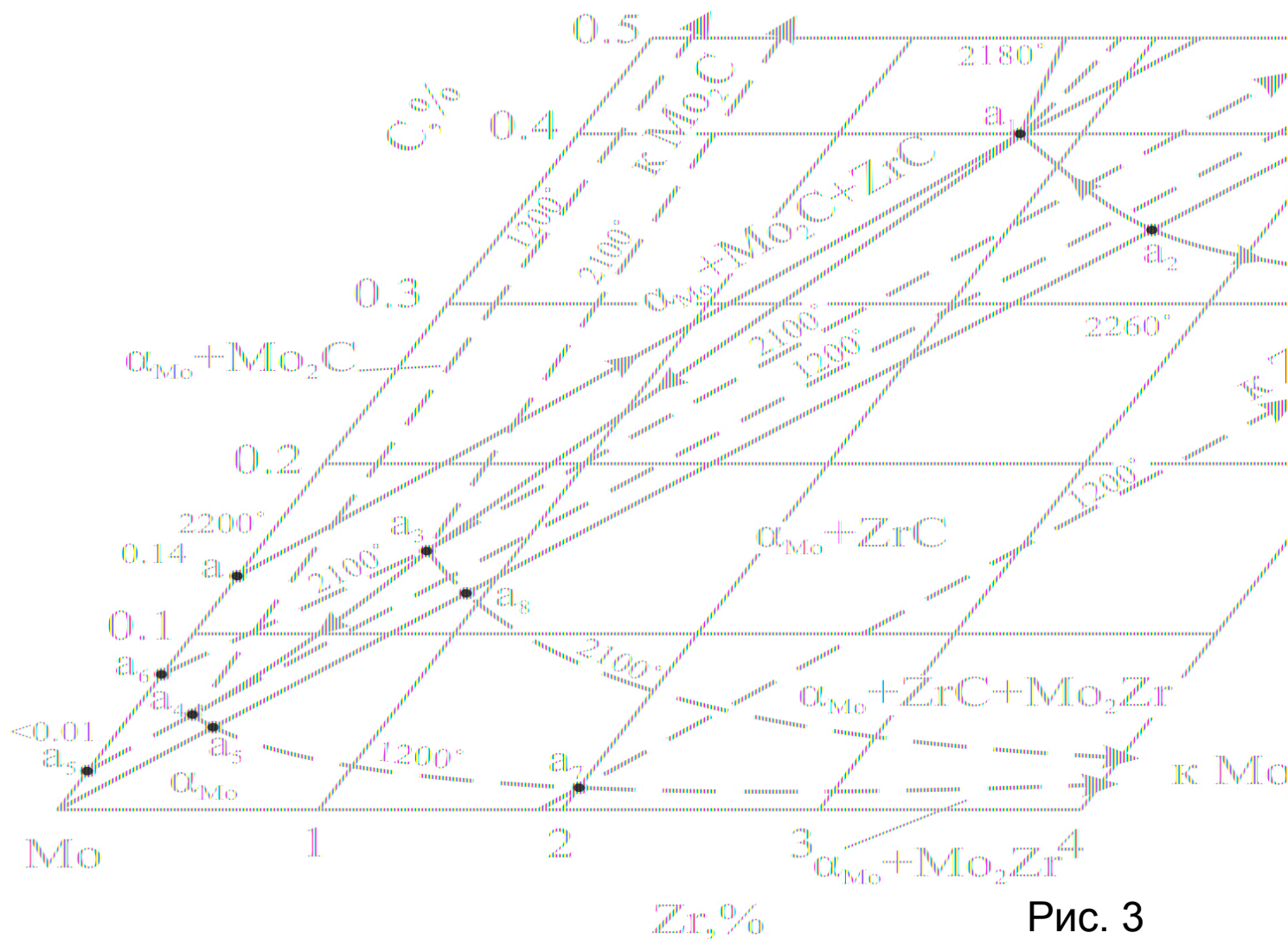


Рис. 3

Влияние содержания легирующих элементов в сплавах систем Мо-С, Мо-Ti-С, и Мо-Zr-С на температуру начала рекристаллизации (а) и длительную прочность за 100ч при 1400°С (б) (Н. Н. Моргунова)

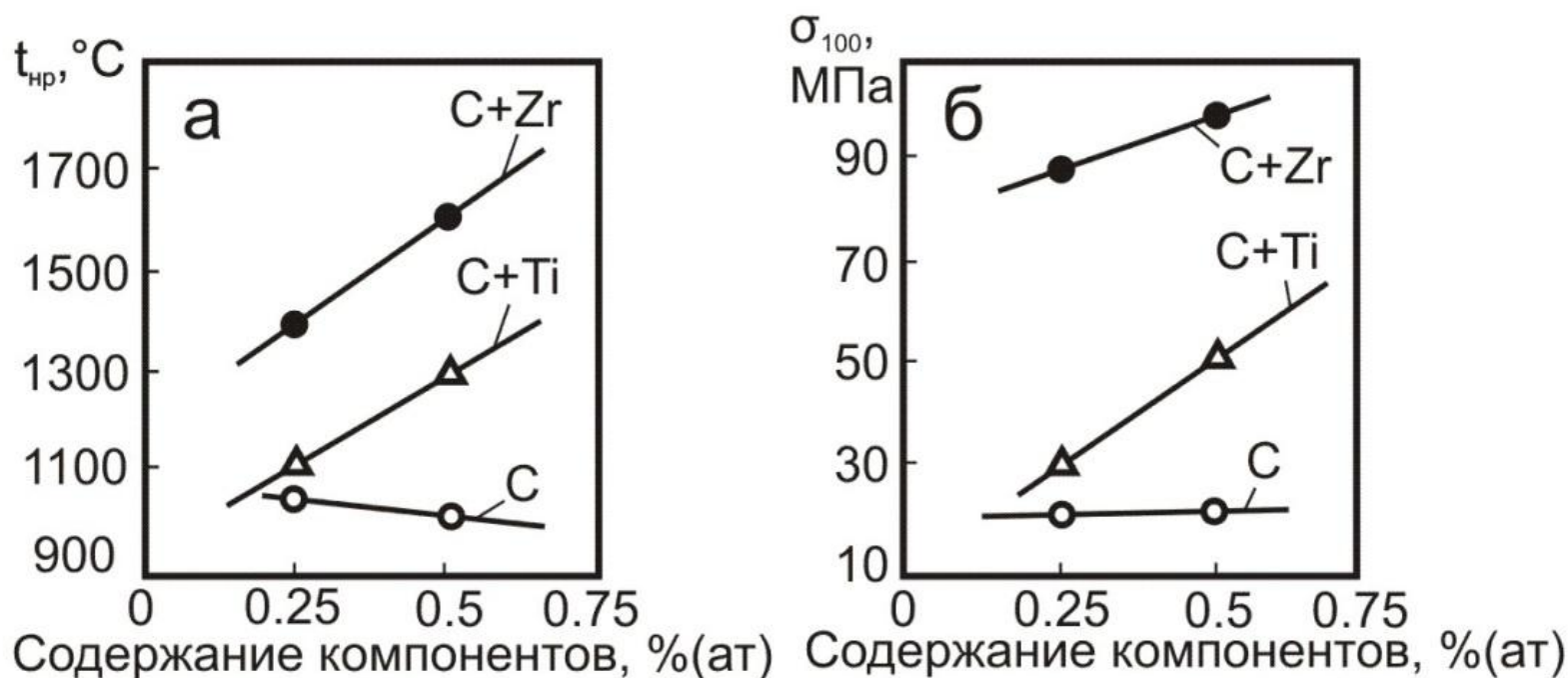


Рис. 4

Изотермическое сечение первичного разреза с 0,06%С
тетраэдра Mo-Ti-Zr-C при 1800°С(а) и 1500°С(б)

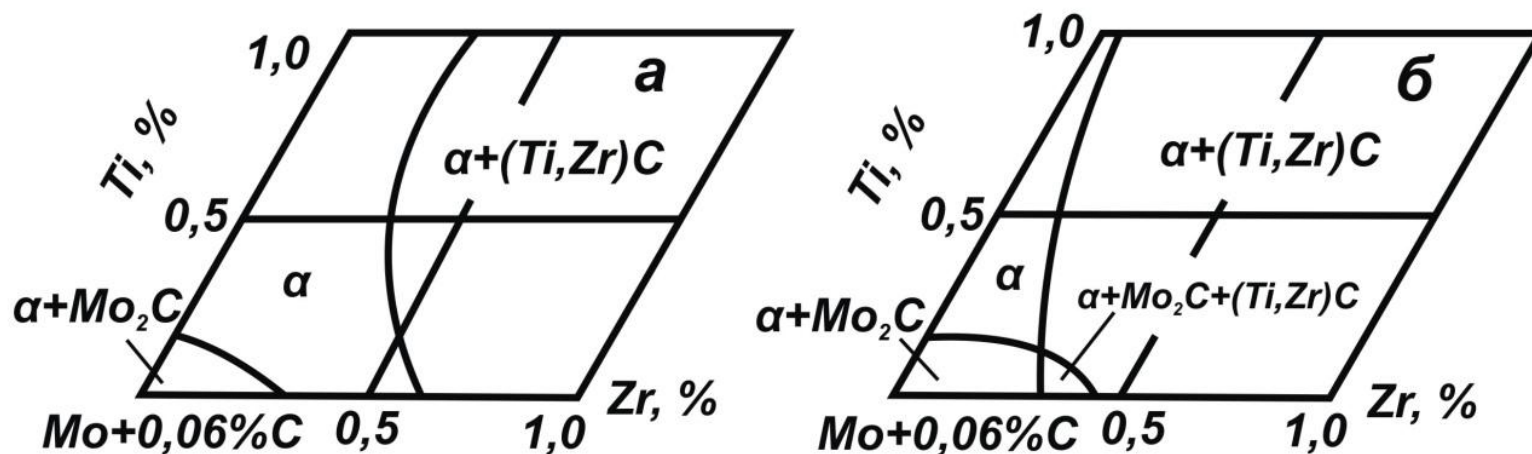


Рис. 5

Молибденовые и вольфрамовые сплавы системы Mo-W с твердорастворным упрочнением

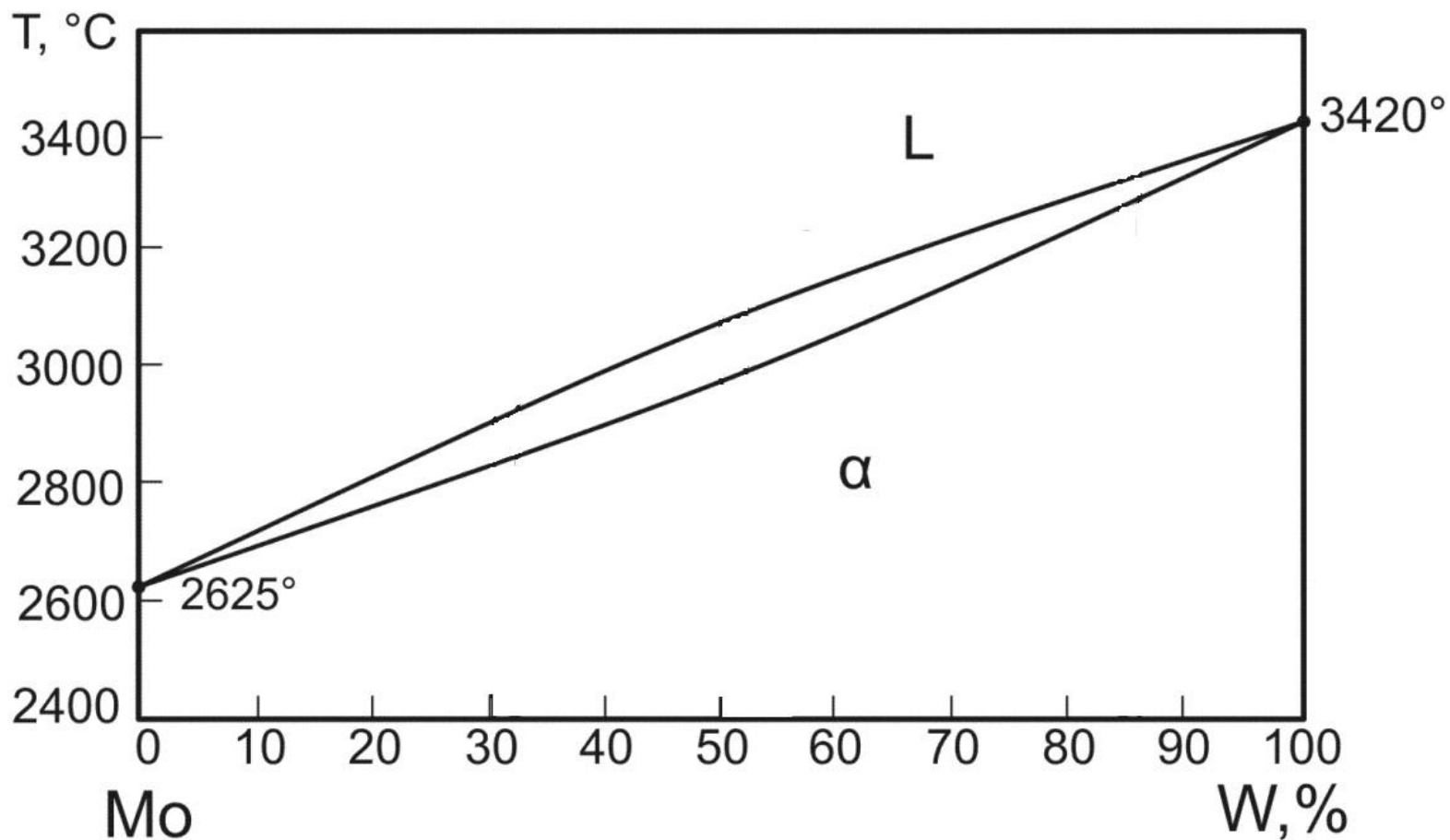


Рис. 6

Положение молибденового сплава МР47ВП на диаграмме состояния Мо-Re

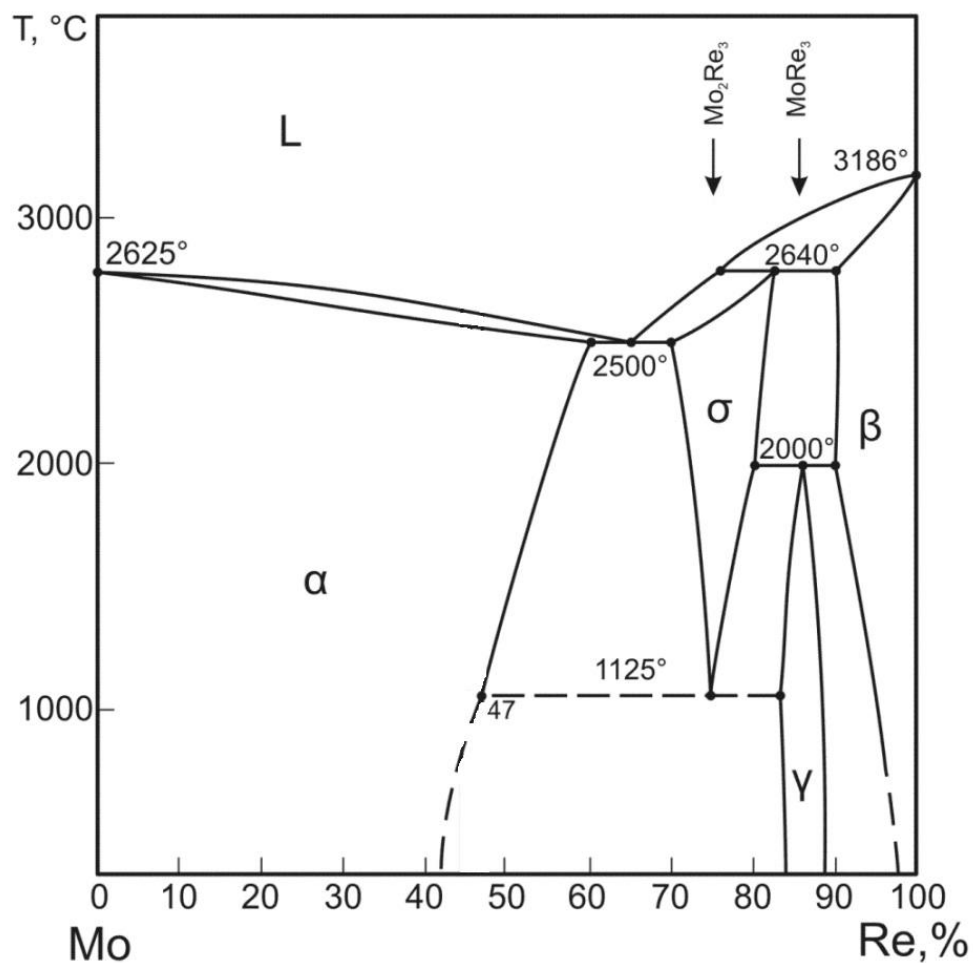


Рис. 7

Контрольные вопросы

- 1. Назовите значения физических свойств молибдена, определяющих возможность использования его в качестве основы жаропрочных сплавов.
- 2. Какой диапазон рабочих температур жаропрочных молибденовых сплавов?
- 3. Какие легирующие элементы и почему вводятся в жаропрочные молибденовые сплавы?
- 4. Какие принципы упрочнения используются при создании жаропрочных молибденовых сплавов?
- 5. Какие требования предъявляются к фазам-упрочнителям в гетерогенных жаропрочных молибденовых сплавах? Какие фазы наиболее полно удовлетворяют этим требованиям?
- 6. Какова роль углерода и металлов IVA группы в молибденовых сплавах?
- 7. Какие диаграммы состояния являются перспективными для разработки жаропрочных сплавов на основе молибдена?
- 8. Какова предельная растворимость углерода в молибдене и как она изменяется с понижением температуры?
- 9. Как изменяется растворимость углерода в молибдене под действием добавки циркония?
- 10. При каком соотношении углерода и циркония (% по массе и % атомные) сплавы системы Mo-Zr-C будут двухфазными?
- 11. При каком соотношении углерода и циркония в малолегированных молибденовых сплавах системы Mo-Zr-C возможно появление карбидной фазы Mo₂C?

- 12. Возможно ли появление при 1200°C в структуре малолегированных молибденовых сплавов системы Mo-Zr-C (с суммарным содержанием добавок $\leq 1,5 \div 2,0\%$ по массе) интерметаллидной фазы Mo₂Zr? Если возможно, то при каком соотношении легирующих элементов.
- 13. Зачем в жаропрочные молибденовые сплавы вводится W и Re? Как определяют предельное содержание этих металлов в сплавах?
- 14. Почему плотность имеет важное значение для конструкционных материалов?
- 15. Какие металлы называют тугоплавкими?
- 16. До каких температур можно эксплуатировать изделия из металлов большой четверки на воздухе без защитных покрытий?
- 17. Какие защитные покрытия не используются в изделиях из Mo и Nb сплавов?
- 18. Какие факторы определяют склонность тугоплавких металлов VA и VIA групп к хладноломкости?
- 19. Как влияет легирование на склонность к хрупкому разрушению у Mo и W?
- 20. Какая структура металлов VIA группы обеспечивает их минимальную склонность к хрупкому разрушению?
- 21. Поставьте в ряд металлы Mo, Ta, W, Nb по возрастанию удельной жаропрочности при 1300°C и 1900°C.
- 22. В чем особенности легирования металлов большой четверки для повышения их жаропрочности?
- 23. Какие фазы – упрочнители чаще всего используются в сплавах на основе тугоплавких металлов VA и VIA групп?
- 24. Какие свойства Mo и его сплавов являются наиболее важными для его практического применения?
- 25. Какие вы знаете молибденовые сплавы?