

УДК 621.383

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

Уроков К.Х

и.о. доцент (КарГУ)

*Ушбу мақолада дастлабки намуналар мавжуд технологик схемалар бўйича ярим тайёр маҳсулотларнинг макро ва микроструктуравий тадқиқотлари таҳлил қилинади. Бундай ҳолда, микроструктура таҳлили учун намуналар одатдаги усул бўйича тайёрланган. Микромузилмани таҳлил қилишда унинг ўлчамининг бир хиллиги ва доналари чўзилиши, текстураси, аралашмалар, микропорлар ва микро ёриқларнинг мавжудлиги баҳоланди.*

**Калит сўзлар:** *ярим тайёр маҳсулот, шаблон, учлик, микроқаттиқлик, ғўлача, олмос пирамидаси, структура, деформация, асбоблар.*

**Аннотация:** *В данной статье рассматривается макро и микроструктурные исследования исходных заготовок, а также полуфабрикатов по всем технологическим схемам. При этом образцы для микроструктурного анализа изготавливали по обычной методике. В ходе анализа микроструктуры оценивали ее однородность размеров и вытянутость зерен, текстурированность, наличие примесей, микропор и микротрещин.*

**Ключевые слова:** *полуфабрикат, темплет, идентификатор, микротвердость, пруток, алмазная пирамида, структура, деформация, инструменты.*

**Abstract:** *This article discusses macro and microstructural studies of initial workpieces, as well as semi-finished products for all technological schemes. In this case, samples for microstructural analysis were prepared according to the usual method. During the analysis of the microstructure, its uniformity of size and elongation of grains, texture, the presence of impurities, micropores and microcracks were assessed.*

**Key words:** *semi-finished product, template, identifier, microhardness, rod, diamond pyramid, structure, deformation, tools.*

Макро и микроструктурные исследования исходных заготовок, а также полуфабрикатов по всем технологическим схемам (рис. 2.4) [1] проводили по обычной методике [1.2]. Образцы для микроструктурного анализа изготавливали следующим образом: вырезанные темплеты подвергали механической шлифовке, используя суспензию из мелкодисперсной окиси алюминия в щелочном растворе красной кровяной соли, затем проводили электрополировку в концентрированном растворе серной кислоты в течение 3 мин. и травление.

Просмотр шлифов и фотосъемку проводили на микроскопе «МИМ-8М» при увеличении в 200 и 300 раз.

В ходе анализа микроструктуры оценивали ее однородность размеров и вытянутость зерен, текстурованность, наличие примесей, микропор и микротрещин.

Измерение микротвердости структурных составляющих молибдена и ниобия в работе проводилось на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 г по ГОСТу 9450-60 [2.3]. Идентором служила алмазная пирамида с квадратным основанием правильной четырехгранной формы с углом при вершине между противоположными гранями пирамиды. При испытаниях на микротвердость поверхность алмазной пирамиды и испытываемая поверхность образца должны быть сухими.

После вдавливания идентора (рис. 1) под указанной нагрузкой в чистую плоскую поверхность на ней остается маленький квадратный отпечаток. Измерив с помощью микроскопа ее диагонали  $d_1$  и  $d_2$  находили среднее арифметическое их:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}; \quad (1)$$

Величина твердости  $H_m$  представляет собой частное от деления нагрузки на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка

$$F \cdot H_m = \frac{P}{F}; \quad \text{отсюда } F = \frac{d^2}{2 \sin 68^\circ} = \frac{d^2}{1,854}; \quad \text{то}$$

$$H = \frac{1,854 P}{d^2} \text{ кг/мм}^2 \quad (2)$$

где:  $P$  - нагрузка на пирамиду, кг;  $d$  - среднее арифметическое длины обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки.

При испытании на микротвердость величину нагрузки выбирали таким образом, чтобы диагональ отпечатка была не менее чем в 1,5 раза меньше толщин исследуемого материала; глубина отпечатка должна быть меньше толщины испытываемого материала не менее чем в 10 раз.

Продолжительность выдержки под нагрузкой составила 6 сек.

Механические свойства исходных заготовок и прутков, полученных прессованием, продольной прокаткой, ротационной и радиальной ковкой оценивали по показателям пластичности ( $\delta\%$ ,  $\varphi\%$ ) и прочностным характеристикам ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ).

Механические испытания на растяжение (ГОСТ 1497-73) цилиндрических образцов проводили на вакуумной разрывной машине, состоящей из испытательной системы, вакуумной системы, нагревательного устройства и измерительной системы /14/. Схема установки приведена на рис. 2.

Установка состоит из испытательной машины, вакуумной камеры, включающей вакуумную, нагревательную и силоизмерительную системы, а

также приборы для регулирования и контроля температуры, пульт управления установки.

Испытательная машина обеспечивает: сохранение герметичности всех систем при перемещениях захватов машины; центрирование образца благодаря наличию сальфона и равномерный нагрев по сечению и длине благодаря рациональной установке нагревателя из листового тантала в камере. Температура образца контролируется вольфрамрениевой термопарой.

Нагружение происходит через редуктор и червячную передачу, скорость деформирования можно регулировать в пределах 0,1-2 мм/мин.

Для охлаждения установки и узлов нагревателя предусмотрена наружная водяная рубашка, что обеспечивает температуру на наружном корпусе не более 35°C.

Испытанию на растяжение подвергали образцы из вакуумплавленных молибдена и ниобия, спеченного порошкового молибдена при различных температурах в условиях вакуума  $1 \cdot 10^{-4}$  МПа.

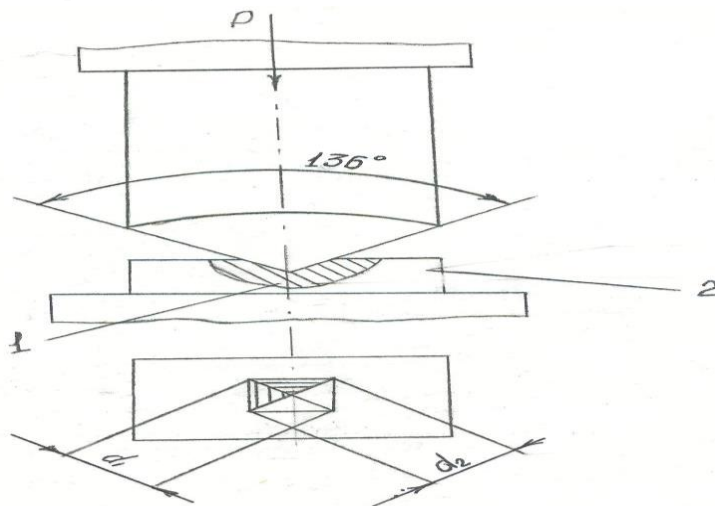


Рис - 1. Схема испытания на микротвердость.  
1-алмазная пирамида, 2-объект испытания.

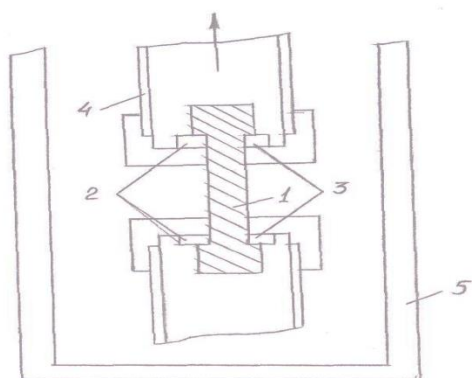


Рис - 2. Схема установки для испытания образцов на растяжение в вакуума.  
1-образец для механических испытаний на растяжений, 2- сухарики, 3- кулачки, 4-тяги, 5-нагреватель.

Показатель напряженного состояния материала  $K_{ж}$  определяли как среднее значение [3.4]:

$$K_{ж} = \frac{1}{L_{\rho}} \int_{\circ}^{\Delta} \frac{\delta}{T} d\Delta \quad (3)$$

$$\text{Здесь: } \frac{\delta}{T} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \left(1 + \frac{3}{4} \cdot \frac{d}{R}\right)$$

где:  $R$  - радиус закругления образца по шейке  $d$  после разрушения.

В связи с разбросом экспериментальных данных механических испытаний и определенных на их основе  $L_{\rho}$  и  $K_{ж}$  математическую обработку результатов проводили по методу наименьших квадратов [4.5].

#### **Выводы:**

Для сравнительного анализа эффективности существующих и предлагаемых технологических схем производства прутков малого диаметра и оценки их качества проведены макро и микроструктурные исследования, а также использованы различные методы исследования механических и технологических свойств.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Тилавов Ю.С. Разработка и внедрение малоотходной технологии производства прутков из молибдена и ниобия.- Дисс. На соискание ученой степени кандидата технических наук.-М.:1994.285 с.
2. Колмогоров Г.Л. Михайлов В.Г. и др. Гидропрессование труднодеформируемых тугоплавких металлов и сплавов.-М.:Металлургия. 1991. 144с.
3. А.П.Коликов, Ю.С.Тилавов и другие. Математическая модель термонапряженного состояния технологического инструмента при труднодеформируемых материалов. Деп. ВИНТИ № 5. 1994
4. А.П.Коликов, И.А. Левицкий, Ю.С.Тилавов и другие. Математическая модель теплообмена и термонапряженного состояния в системе заготовка - рабочей инструмент при обработке туго плавких металлов. Изд. Вузов. Чёрная металлургия - 1194, № 9.
5. В.Г. Михайлов, Г.И.Новожинов, Ю.С.Тилавов и другие. Исследование процесса высокотемпературного гидропрессования тугоплавких металлов. Известия вузов «Чёрная металлургия» 1994. № 1, с. 42-44.
6. А.А.Вардиашвили, Ю.С.Тилавов. К.Х.Уроков. Анализ результатов расчёта параметров температурного и термонапряжённого состояния в системе заготовка-инструмент при радиальной ковке. Научно-технический журнал ФерПИ 2020. Том 24. № 5, с.213-216.
7. Ю.С.Тилавов, К.Х.Уроков, Н.С.Элмуродов. Расчёт температурного поля в заготовках при деформации на радиально-обжимных машинах. Инновацион технологиялар илмий-техник журнал. КарМИИ. Махсус сон. 2021, с.140-146.

8. Ю.С. Тилавов, А.А. Вардияшвили, К.Х. Уроков. Исследование технологических схем и процессов производства прутков малого диаметра. Научно-технический журнал ФерПИ. 2021., Том 25. №5. с. 191-195.