

**МАКРО- И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПРУТКОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА ИЗ СПЛАВОВ
МОЛИБДЕНА И НИОБИЯ**

**М. Ю. Сувонова, Ф. Г. Рахмонов, Ш. А. Ганиева,
К. Т. Абдуллаева, К. Х. Ураков**

Каршинский государственный университет, Республика Узбекистан

Научные руководители: Ю. С. Тилавов, Э. Ж. Турдиев

Для развития современной техники необходимы полуфабрикаты и изделия из тугоплавких металлов: молибдена, вольфрама, ниобия и сплавов на их основе, которые обеспечивают надежную работу современных приборов и аппаратов в форсированных режимах эксплуатации [5]–[7].

В настоящее время традиционная технология производства прутков малого диаметра из тугоплавких металлов, в которой используются такие процессы как горячее прессование, ротационная ковка и прокатка, отличается высокой трудоемкостью, низкой производительностью и большим расходом дорогостоящих и дефицитных металлов. Поэтому одной из актуальных задач в процессе совершенствования технологии производства является повышение качества получаемых изделий при одновременном сокращении расходных коэффициентов и увеличение производительности оборудования путем разработки новых эффективных технологических процессов и режимов производства прутков малого диаметра из тугоплавких металлов и сплавов.

Для исследования деформированного состояния заготовок из тугоплавких металлов была разработана методика и технология изготовления образцов с координатной сеткой, которая размещена внутри образца и выполнена в виде отверстий, равномерно размещенных на листах фольги из металла, имеющего большую температуру плавления, чем деформируемый сплав, причем листы фольги расположены параллельно и равноудалены друг от друга.

Технология изготовления образцов заключается в следующем: в прессформу сечением 24×24 мм и длиной 300 мм засыпали молибденовый порошок, затем осуществляли прессование на прессе усилием $P = 600$ кН. Высота слоя после прессования 6 мм.

На слой прессованного порошка укладывали лист вольфрамовой фольги толщиной 1–2 мкм с предварительно нанесенной на нем координатной сеткой в виде отверстий диаметром 1–2 мм. Отверстия равномерно расположены по поверхности листа. Вольфрамовую фольгу укладывают по середине заготовки, отступив от стенки пресс формы на 4 мм с каждой стороны, что обеспечивает целостность заготовки. В каждой заготовке размещается три листа фольги, расстояние между которыми по 6 мм соответственно. Полученную заготовку спекали в водородной печи при температуре 1350 °С в течение 36 ч. Полученные по такой технологии образцы деформировали на прокатном стане.

В прессе деформации образцы тормозили при достижении установившейся стадии процесса, что позволяло определить деформационные параметры заготовки не только после прокатки, но и в очаге деформации.

Полученные таким способом деформированные образцы использовали для снятия информации о характере истечения металла. Часть образца разрезали на продольные и поперечные сечения, поверхность которых шлифовали, протравливали для выявления слоев фольги вольфрама. В этом случае о деформированном состоянии молибденовых заготовок судили по искажению исходно параллельных и равноудаленных друг от друга слоев вольфрамовой фольги. Ввиду того, что расстояния между слоями фольги в исходной заготовке известны, имеется возможность количественной оценки деформированного состояния порошковой заготовки в очаге деформации.

Из другой части образца путем вытравливания извлекали деформированные полоски фольги с искаженной координатной сеткой. После этого снимали координаты с узлов (отверстий) сетки. Полученные экспериментальные данные использовали в виде массивов координат для определения деформированного состояния по известным расчетно-экспериментальным методам механики деформированного твердого тела.

Макро- и микроструктурные исследования исходных заготовок, а также полуфабрикатов по всем технологическим схемам 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.

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 с.

Механические свойства исходных заготовок и прутков, полученных прессованием, продольной прокаткой, ротационной и радиальной ковкой оценивали по показателям пластичности (δ %, φ %) и прочностным характеристикам (δ_b , $\delta_{0,2}$).

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 [3].

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

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

Показатель напряженного состояния материала определяли как среднее значение [6].

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.

Л и т е р а т у р а

1. Бернштейн, М. Л. Механические свойства металлов / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский. – М. : Металлургия, 1979. – 495 с.
2. Технология и оборудование для обработки тугоплавких металлов / А. П. Коликов [и др.]. – М. : Металлургия, 1982. – 328 с.

-
3. Установка для исследования пластичности тугоплавких металлов : сб. науч. тр. МИСиС / А. П. Коликов [и др.]. – 1977. – С. 111–113 с.
 4. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1986. – 688 с.
 5. Тугоплавкие металлы и сплавы / Е. М. Савицкий [и др.]. – М. : Металлургия, 1986. – 352 с.
 6. Тугоплавкие металлы. Сплавы на основе молибдена и вольфрама // Тр. ВИАМ. – 1970. – Т. 1. – 170 с.
 7. Тугоплавкие металлы в новой технике : сб. ст. ; пер. с англ. – М. : Мир, 1969. – 379 с.