

УДК 669.286

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЛЬФРАМОВЫХ ЛЕНТ

А. А. Шаповал

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Першотравневая, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: tungsten@yandex.ru

Описана технологическая схема производства катодов для электронно-лучевых установок. Представлены параметры поперечно-винтовой прокатки, циклического бесконтейнерного прессования, вибрационного волочения и плющения лент. Приведены данные по химическому составу, геометрическим размерам и механическим свойствам вольфрамовых катодов электронно-лучевых установок.

Ключевые слова: вольфрам, поперечно-винтовая прокатка, термоциклический отжиг, циклическое бесконтейнерное прессование, вибрационное волочение, плющение.

USING HIGHLY PROCESSES IN DEFORMATION TRIAL TUNGSTEN RIBBON

A. A. Shapoval

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: tungsten@yandex.ru

Technological scheme for fabrication of tungsten bands for manufacture of cathodes of electron beam melting furnaces is described. Kinematic and deformation conditions of helical skew rolling of initial tungsten specimens, container-free cyclic pressing and vibration billet drawing are presented. Data concerning chemical composition, geometric dimensions and mechanical properties of tungsten bands and cathodes for electron beam technologies are given.

Key words: tungsten, helical rolling, annealing of thermal cycling, vibratory drawing, flattening.

ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВОЛЬФРАМОВИХ СТРІЧОК

О. О. Шаповал

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: tungsten@yandex.ru

Описана технологічна схема виробництва катодів для електронно-променевої установок. Наведені параметри поперечно-гвинтової прокатки, циклічного бесконтейнерного пресування, вібраційного волочіння і плющення стрічок. Наведено дані по хімічному складу, геометричним розмірам і механічним властивостям вольфрамових катодів електронно-променевої установок.

Ключові слова: вольфрам, поперечно-гвинтова прокатка, термоциклічний відпал, циклічне бесконтейнерне пресування, вібраційне волочіння, плющення.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В электронно-лучевых установках используют двухэлектродные электронные пушки с прямоканальным термокатодом, выполненным из отрезка вольфрамовой ленты. К ленте предъявляют жесткие требования по химическому составу, геометрии, механическим свойствам.

В связи с этим целью работы является формирование структуры и механических свойств вольфрама в ходе получения заготовок лент.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Нами разработана комплексная технология, учитывающая наследственность металла на каждой из стадий обработки. В качестве исходной заготовки используются спеченные вольфрамовые штабики 10,5×10,5 мм. На рис. 1 приведена блок-схема производства вольфрамовых лент и катодов. Штабики прокатывают на прутки на 3-валковом стане поперечно-винтовой прокатки РСПВ-10. В случае, когда применяют штабики прямоугольного сечения, поперечно-винтовой прокатке предшествует ротационная ковка. Прокатанные прутки подковывают, шлифуют и контролируют на сплошность и наличие дефектов на ультразвуковом дефектоскопе. Дефект-

ные участки прутков зачищают или вырезают и соединяют оставшиеся части сваркой встык. Винтокатаные прутки подвергают термоциклическому отжигу, после чего их прессуют методом бесконтейнерного циклического прессования и протягивают на стане вибрационного волочения. Полученную круглую заготовку плющают на ленту на плющильном стане «Дуо» за несколько проходов. Ленту разрезают на катоды, шлифуют и полируют их поверхность.

Кинематические и деформационные режимы поперечно-винтовой прокатки приняты в соответствии с данными работы [1]. Винтовую прокатку вольфрамовых штабиков осуществляют за один проход, при углах подачи 8-20° и углах раскатки 55-65°.

Технологические параметры поперечно-винтовой прокатки вольфрамовых штабиков на прутки диам. 7-8 мм: угол подачи 8°; температура нагрева 1773±50 К; среда нагрева водород; время нагрева 10-12 мин; частота вращения валков 350 мин⁻¹; калибровка валков (углы наклона образующей к оси валка): входной конус 40°, выходной конус 52°; коэффициент вытяжки для штабика 10,5×10,5 мм – 2,3, для прутка диам. 13,5 мм – 3,0. В процессе попереч-

но-винтовой прокатки формируется мелкозернистая равноосная структура металла, при этом уменьшается удельная концентрация примесей на границах зерен. Это повышает пластичность заготовки. Так, относительное сужение при растяжении составляет 58-60 %, при температуре 873 К.

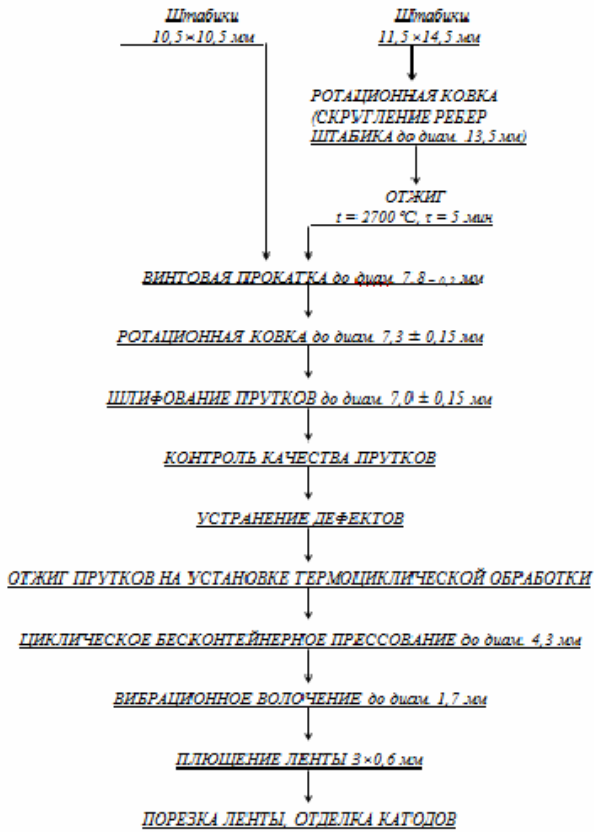


Рисунок 1 – Блок-схема получения вольфрамовых лент и катодов

В технологическом процессе предусмотрен (рис. 1) отжиг винтокатанных прутков на установке термоциклической обработки (ТЦО). Суть ТЦО заключается в скоростном многократном высокотемпературном прямом электроннагреве прутков с целью деполигонизации структуры вольфрама и повышения пластичности металла без существенного снижения прочности. Применительно к имеющим специфическую структуру винтокатаным пруткам разработаны технологические режимы отжига на установке ТЦО: сила тока в прутке min 400-500 А, max 700-750 А; время изменения тока от min до max 50-60 с, от max до min 30-40 с; время выдержки при максимальном токе 80-85 с; число циклов обработки 50-60; время охлаждения до комнатной температуры 3 мин.

Последующее за поперечно-винтовой прокаткой деформирование заготовки осуществляют методом циклического бесконтейнерного прессования [2] через монолитную матрицу при температурах 1573–1373 К с единичными вытяжками 1,2–1,5 за проход, частоте циклов 10–30 с⁻¹, длине прессуемого в цикле металла 10–25 мм. Процесс приводит к дальнейшему интенсивному дроблению зерен с сохранением их пространственной ориентации. Благодаря схеме

всестороннего сжатия металла в очаге деформации возрастает пластичность заготовки. Она достигает уровня, достаточного для обработки вольфрама волочением, уже начиная с прутка диам. 4,3-4,45 мм (относительное сужение при растяжении составляет 81-85 % при 873 К), т.е. при общих вытяжках 2,9-2,1 на данной технологической операции.

Вибрационное волочение вольфрамовой заготовки осуществляют на специально разработанном цепном волочильном стане ЗК-1,6-26. На стане реализован процесс волочения через 2 волокна, которым сообщаются противофазные колебания [3]. Выполнено исследование кинематических и деформационных режимов этого процесса. В ходе экспериментов варьировалось соотношение $\mu 1/\mu 2$ между коэффициентами вытяжки металла в 1-й и 2-й по ходу процесса волоках при неизменном общем коэффициенте вытяжки $\mu_{общ}=1,35$. Соблюдались также условие равенства скоростных показателей $\beta 1, \beta 2$ вибропроцесса в 1-й и 2-ой волоках соответственно:

$$\beta 1 = v 1 / v_{к. max 1} = v 1 / 2\pi n A 1 = \beta 2 = v 2 / v_{к. max 2} = v 2 / 2\pi n A 2 = \beta,$$

где $v 1, v 2$ – скорости волочения в 1-й и 2-й волоках; $v_{к. max 1}, v_{к. max 2}$ – амплитудные значения колебательных скоростей 1-й и 2-й волок; n – циклическая частота колебаний; $A 1, A 2$ – амплитуды колебаний 1-й и 2-й волок.

Показателем эффективности вибропроцесса принято относительное снижение силы волочения при вибрации волок по сравнению с безвибрационным режимом:

$$\Delta P/P = (P_{вн} - P_{в})/P_{вн} \cdot 100 \%,$$

где $P_{вн}, P_{в}$ – соответственно номинальное и эффективное значение силы волочения.

Анализ экспериментальных данных показал, что с ростом скорости волочения величина $\Delta P/P$ убывает. Технологически целесообразный для двухступенчатого волочения эффект силовой разгрузки ($\Delta P/P > 50 \%$) имеет место при $\beta \leq 0,5$. Величина $\Delta P/P$ в значительной мере зависит от соотношения $\mu 1/\mu 2$.

На основе результатов экспериментов разработан [4] способ волочения металла через 2 волокна, вибрирующие в противоположных фазах, при котором вибропроцесс осуществляют при $\beta \leq 0,5$ и $\mu 1/\mu 2 = 0,87-1,06$. Реализация этих режимов при волочении вольфрамовых прутков в диапазоне диаметров 4,3-1,7 мм позволила достичь коэффициентов вытяжки металла за переход $\mu_{общ}=1,65-2,2$.

Плющение ленты из круглой заготовки диам. 1,7 мм на специальном плющильном стане «Дуо» за 4 перехода при температурах 1373-1273 К. Для нагрева заготовки при плющении создана система электроконтактного нагрева с жидкими (расплав сплава Вуда) электрическими контактами для подвода электрического тока.

Ниже приведены требования к химсоставу, гео-

метрии и механическим свойствам, которым удовлетворяют катоды, выпускаемые Научно-производственным предприятием «Тангстен» по описанной технологии.

Химический состав катодов, %: основа не менее 99,95 W, примеси не более 0,005 Fe, 0,005 Ca, 0,03 Mo, присадки не более 0,004 Al, 0,006 Si.

Геометрические размеры катода марки КЭПВ 100,0×0,6×3,0 мм: длина 100; толщина 0,6; ширина 3. Допустимые отклонения, мм: по длине ±0,9; по толщине ±0,02; по ширине ±0,05.

Механические свойства катода КЭПВ 100,0×0,6×3,0: микротвердость 3900-4150 МПа; временное сопротивление разрыву 1300-1500 МПа; относительное удлинение при растяжении, не менее 1,2 %.

ВЫВОДЫ. Разработанная технологическая схема позволяет управлять технологическими свойствами вольфрама на промежуточных стадиях обработки и сформировать комплекс физико-механических свойств конечных изделий – лент и катодов. По данным металлографических исследований, монокристаллическое отношение в ленте L/W составляет 4,5–6,0, что обеспечивает высокую формоустойчивость катодов в процессе эксплуатации. Эксплуатационный ресурс катодов из лент, полученных по описанной технологии, составляет 45–50 ч, что в 1,2–1,5 раза выше ранее достигнутого уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интенсивные процессы обработки давлением вольфрама и молибдена / А.Н. Шаповал, С.М. Горбатюк, А.А. Шаповал – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006. – 352 с.

2. Шаповал А.Н., Изотов В.М., Познанский В.И. и др. Перспективные технологические процессы

обработки давлением тугоплавких металлов: Обзор. информ. (Сер. обработка цветных металлов и сплавов). – М.: ЦНИИЭИЦМ. 1989. – С. 56.

3. Потопов И.Н., Козерадский С.А., Шаповал А.Н. и др. Исследование кинематических и деформационных режимов поперечно-винтовой прокатки вольфрамовых заготовок // Цветные металлы. – 1993. – № 4. – С. 45-47.

4. Шаповал А.Н., Горбатюк С.М., Шаповал А.А. Технология получения и свойства вольфрамовых лент для электронно-лучевых технологий // Цветные металлы. – 1999. – № 2. – С. 78-80.

REFERENCE

1. Intensive processes of processing by pressure tungsten and molybdenum. / A.N. Shapoval, S.M. Gorbatyuk, A.A. Shapoval. – M.: Publishing house "Ore and metals", 2006. – 352 p. [in Russian].

2. Shapoval A.N., Izotov V.M., Poznanskiy V.I. etc. Promising processes forming of refractory metals: The review. Inform. (mid. Non-ferrous metals and alloys). – M.: TSNIIEITSM, 1989. – P. 56 [in Russian].

3. Potapov I.N., Kozeradskiy S.A., Shapoval A.N. etc The study of kinematic and deformation modes of the helical rolling of tungsten billets // Non-ferrous metals. – 1993. – № 4. – P. 45–47 [in Russian].

4. Shapoval A.N., Gorbatyuk S.M., Shapoval A.A. Production technology and properties of tungsten ribbons for Electron Beam Technologies // Non-ferrous metals. – 1999. – № 2. – P. 78–80 [in Russian].

Стаття надійшла 17.01.11

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Драгобецьким В.В.