

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНОВОЙ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Б.Д. Хамдуллаев<sup>1</sup>, А.Н. Бозоров<sup>2</sup>, Р.М. Михридинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный технический университет

<sup>2</sup>Государственное унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт» при ТашГТУ

г. Ташкент, Узбекистан. E-mail: [gupft@inbox.uz](mailto:gupft@inbox.uz)

**Аннотация.** Целью работы является разработка технологии получения длинномерной молибденовой электродной проволоки для автоматического напыления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания. Приведены сведения о разработке различных технологических процессов производства молибденовой длинномерной проволоки применением современных сортовых прокатных станов, машин электроконтактной стыковой сварки, ковочных машин и волочильного оборудования. В результате разработана технология и получена калиброванная молибденовая электродная проволока  $\varnothing 3,17 \pm 0,05$  мм длиной более 100 м.

**Ключевые слова.** Молибден, электрод, проволока, прокат, ковка, сварка, волочение.

Такие характеристики молибдена и его сплавов, как высокая температура плавления, твердость и высокая прочность при повышенных температурах, хорошие тепловые и электрические свойства, сопротивление термическим ударам и коррозионная стойкость в различных агрессивных средах, наряду с достаточной технологичностью, обуславливает применения молибдена в различных отраслях техники.

В последнее время молибден и его сплавы нашли применения в качестве износостойких покрытий, получаемых методом металлизации или путем напыления на деталях, работающих в условиях высоких нагрузок и температур, например, поршневые кольца двигателей внутреннего сгорания, тормозные барабаны, подшипники и т.д.

Целью данной работы является разработка технологии получения длинномерной молибденовой электродной проволоки для автоматического напыления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания.

Для решения данной проблемы нами были определены состав современного технологического оборудования для осуществления термопластической деформации молибденовых спеченных штабиков.

Объектом данного исследования является молибденовый порошковый спеченный штабик марки МЧ сечением  $18 \times 18$  мм, длиной 600 мм, а также следующие технологические оборудования: четырехвалковый прокатный стан, ротационно-ковочная машина, стыко-сварочная машина, волочильная машина и печи для нагрева штабиков и полуфабрикатов.

Известно, что прокатка в калибрах позволяет повысить пластичность металла за счет благоприятной схемы напряженно-деформированного состояния в очаге деформации [1, 2].

Прокатку спеченных молибденовых штабиков осуществляли на стане с четырехвалковым калибром типа МК-210 по системе калибров квадрат-квадрат и в последнем проходе по системе калибров квадрат-восьмигранник сечением  $9 \times 9$  мм. Скорость прокатки была постоянной для всех проходов и равнялась 0,6 м/с.

Нагрев молибденовых штабиков перед прокаткой осуществляли в муфельной электропечи сопротивления при температуре  $1350^\circ\text{C}$  со снижением до  $1150^\circ\text{C}$  на последних проходах.

Прокатка проведенные по нижеприведенной схеме проходила устойчиво, без образования поверхностных и внутренних дефектов и с хорошим качеством поверхности. Молибденовый штабик сечением  $18 \times 18$  мм  $\rightarrow$  прокатка  $\rightarrow 15 \times 15 \rightarrow 13,5 \times 13,5 \rightarrow 11,3 \times 11,3 \rightarrow 10,8 \times 10,8 \rightarrow 9 \times 9$  мм.

Таким образом полученный молибденовый пруток-восьмигранник подвергали ротационной ковке с целью придания восьмиграннику форму круга до диаметра 8 мм. Однако расчеты показали, что молибденовый штабик сечением  $18 \times 18$  мм и длиной 600 мм позволяет получать проволоку длиной 20 мм при диаметре 3,17 мм. Известно, что для автоматического напыления требуется калиброванная молибденовая проволока  $\varnothing 3,17 \pm 0,05$  мм и длиной не менее 100 м. Поэтому возникла необходимость изыскать пути преодоления этой проблемы. Одним из путей получения длинномерной молибденовой проволоки является применения метода стыковой сварки.

Сварка тугоплавких металлов, в частности молибдена, сопряжена со многими трудностями, связанными со специфическими свойствами этих металлов: высокой температурой плавления, значительной чувствительностью к примесям внедрения ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{C}$ ), склонностью к хрупкому разрушению в литом и рекристаллизованном состояниях, сильной окисляемостью при температурах выше  $400^\circ\text{C}$ , склонностью к образованию трещин в сварных швах и зоне термического влияния и т.п.

Существуют различные способы сварки тугоплавких металлов [3,4], каждый из которых в той или иной степени проявляет склонность к хрупкому разрушению в области сварного шва. Охрупчивание сварного шва можно в значительной степени ослабить, используя способ сварки встык - процесс, в котором тепловая энергия выделяется непосредственно в стыке двух тел посредством электрического контакта с большой осевой нагрузкой, что создает необходимые условия для вытеснения в грат загрязнённых примесями участков стыка.

Опыты, проведенные по стыковой электросварке молибденовых прутков  $\varnothing 8,0$  мм на машине МСС-5006, указали на необходимость качественной подготовки поверхности и торцов прутков перед сваркой.

С целью определения влияния подготовки поверхности прутков к стыковой сварке были проанализированы прутки с полностью неподготовленной; травленной в растворе селитры; шлифованной на бесцентрошлифовальном станке поверхностями.

Концы всех прутков обрезали на отрезном станке на глубину 0,5-1,0 мм.

После сварки производили снятие грат до диаметра не выходящего за допуски диаметра исходного прутка, на заточном станке вращением прутка вокруг своей оси. После чего получали длинномерный пруток готовый к последующей обработке. Отработка режима сварки походилась при токе сварки 6-10 кА.

Анализ результатов проведенных исследований показали, что оптимальными условиями получения прочного сварного шва является ступень 8 и подготовка поверхности ее шлифовкой на бесцентрошлифовальном станке. При этом получается прочность шва ( $\sigma_{в.ш.}=48,7$  кг/мм<sup>2</sup>) достигающая до 80% от прочности исходного прутка ( $\sigma_{во}=59,6$  кг/мм<sup>2</sup>), что вполне пригоден для процесса деформации.

Ковку, поступивших с операции стыкосварки длинномерных молибденовых прутков  $\varnothing 8,0$  мм осуществляли на ротационно-ковочных машинах типа В-2118. Ковочные малины расположены на одной оси в виде технологической линии и позволяет получать проволоку  $\varnothing 3,8$  мм. Технологический режим ковки сварных прутков представлен в табл. 1.

Таблица 1.

Технологический режим ротационной ковки сварных длинномерных прутков  $\varnothing 8,0$  мм.

NN п/п	Диаметр прутка по переходам, мм	Допуск по диаметру, мм	Температура нагрева прутка, °С	Скорость ковки прутка, мм	Единичное обжатие, %
1	6,8	$\pm 0,2$	1100 $\pm$ 50	2,5 $\pm$ 1,0	27,7
2	5,8	$\pm 0,2$	1100 $\pm$ 50	2,5 $\pm$ 1,0	27,7
3	4,9	$\pm 0,2$	1000 $\pm$ 50	2,5 $\pm$ 1,0	28,7
4	4,2	$\pm 0,2$	950 $\pm$ 50	2,5 $\pm$ 1,0	26,5
5	3,8	$\pm 0,2$	900 $\pm$ 50	2,5 $\pm$ 1,0	18,2

Необходимо отметить, что проволока  $\varnothing 3,8$  мм наматывалось в бухтообразователь без перегибов и поломок. В связи с тем, что для напыления требуется проволока гладкая и калиброванная была проведена отработка режимов горячего волочения, с  $\varnothing 3,8$  до  $\varnothing 3,7$  мм на машине волочения МВ-3000. В табл.2 представлены режимы волочения проволоки с  $\varnothing 3,8$  мм до  $\varnothing 3,17$  мм.

Таблица 2.

Решим волочения сварной длиномерной молибденовой проволоки  $\varnothing 3,8$  мм.

NN п/п	Диаметр проволоки по переходам, мм	Допуск по диаметру, мм	Температура нагрева проволоки, °С	Скорость волочения, м/мин	Единичное обжатие, %
1	3,6	$\pm 0,05$	$950 \pm 50$	$11 \pm 3$	10,3
2	3,4	$\pm 0,05$	$950 \pm 50$	$11 \pm 3$	10,6
3	3,17	$\pm 0,05$	$950 \pm 50$	$11 \pm 3$	13,1

Подогрев волок осуществлялся при  $450-500^{\circ}\text{C}$ , а в качестве смазки использовали аквадаг марки В-1 с плотностью  $1,07-1,1 \text{ г/см}^3$ .

Изготовленные таким образом опытные партии проволоки  $\varnothing 3,17 \pm 0,05$  мм и длиной более 100 м прошла испытание у потребителя с положительным результатом.

Необходимо отметить, что срок службы молибденированных поршневых колец по сравнению с обычными повышается в 7-8 раз.

На основании результатов полученные в процессе исследований можно сделать следующие выводы: технологические характеристики молибденовых прутков полученные с применением прокатки в калибрах с четырехсторонним обжатием позволяет повысить пластичность металла за счет благоприятной схемы напряженно-деформированного состояния в очаге деформации; разработан технологический процесс получения длиномерной электродной проволоки молибдена методом электроконтактной стыковой сварки; разработан оптимальный технологический режимковки состыкованных длиномерных прутков молибдена с диаметра 8 мм до 3,8 мм.

С целью получения колиброванной молибденовой электродной проволоки разработан технологический режим горячего волочения позволяющая получать проволоку  $\varnothing 3,17$  мм с допуском  $\pm 0,05$  мм.

### Литература

1. Выдрин В.Н., Барков Л.А., Пастухов В.В. и др. Прокатка металлокерамического вольфрама в четырёхвалковых калибрах. -М. Цветные металлы, 1977, №3. С. 62-63.
2. Несговоров В.В., Барков Л.А., Михридинов Р.М. и др. Свойства и структура вольфрамовой проволоки, полученной из катонных заголовков. Киев. Порошковая металлургия, 1978, №11. С. 34-37.
3. Гуревич С.М. Сварка химически активных и тугоплавких металлов. Киев. Наукова думка, 1975. 86 с
4. Николаев Г.А., Ольманский А.А. Специальные методы сварки. М.; Машиностроение, 1975. 232 с.