

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ШЛИФОВАННЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТРАВЕРС ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

П.А. Головкин, В.В. Суров

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются причины брака шлифованных заготовок из молибденовых сплавов, предназначенных для изготовления деталей типа траверс электровакуумных приборов. На основе особенностей технологии изготовления заготовок, раскрываются системные причины колебания качества заготовок в зависимости от их диаметра.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МОЛИБДЕНОВЫЕ СПЛАВЫ, ВОЛОЧЕНИЕ, ПРОВОЛОКА, ДЕФЕКТЫ, МЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ, ШЛИФОВАНИЕ, ВАКУУМНАЯ ПЛОТНОСТЬ, ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

TO THE QUESTION OF THE QUALITY OF GROUND BLANKS FOR PARTS OF THE TRAVERSE TYPE OF ELECTRIC VACUUM DEVICES

P.A. Golovkin, Surov V.V.

ABSTRACT

The article analyzes the reasons for the rejection of polished workpieces from molybdenum alloys intended for the manufacture of parts such as traverses of electrovacuum devices. On the basis of the features of the blank manufacturing technology, the systemic causes of fluctuations in the quality of blanks depending on their diameter are revealed.

KEYWORDS

MOLYBDENUM ALLOYS, DRAWING, WIRE, DEFECTS, CUT-TO-LENGTH BLANKS, GRINDING, VACUUM DENSITY, ELECTROVACUUM DEVICES

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Шлифованные заготовки малого диаметра из молибдена и его сплавов используются для изготовления деталей типа траверс электровакуумных приборов [1], входящих в систему их электрического питания. Особенностью этих деталей является их нахождение как внутри вакуумированного рабочего пространства прибора, так и вне его – в открытой атмосфере, где к ним подводится электрическая энергия.

Основными нормативными документами, определяющими требования в шлифованном заготовкам малого диаметра из молибденовых сплавов, являются ТУ 48-19-250-86 [2], ТУ 48-19-247-86 [3], ТУ 48-19-254-91 [4]. Среди сортамента шлифованных заготовок, применяющихся для изготовления траверс, наиболее широко применяются заготовки диаметром после шлифовки 0,8 и 0,5 мм. Соответственно, для их изготовления традиционно производилась холоднотянутая проволока диаметром 1,0 и 0,8 мм, требования к которой определяются ГОСТ 18905-73 [5], ТУ 48-19-254-91 [4], ТУ 48-19-203-85 [6] и другими нормативными документами.

В самом общем виде, технологическую схему изготовления шлифованных заготовок можно обрисовать так: многопереходная протяжка исходной заготовки через алмазные либо твердосплавные фильеры → разматывание катушки, распрямление проволоки и нарезка её на мерные заготовки → бесцентровое шлифование мерных заготовок в заданный диаметр. Пример качественной поверхности шлифованных заготовок с шероховатостью около $R_a=1,3$ мкм по ГОСТ 2789 [7], показан на рисунке 1.

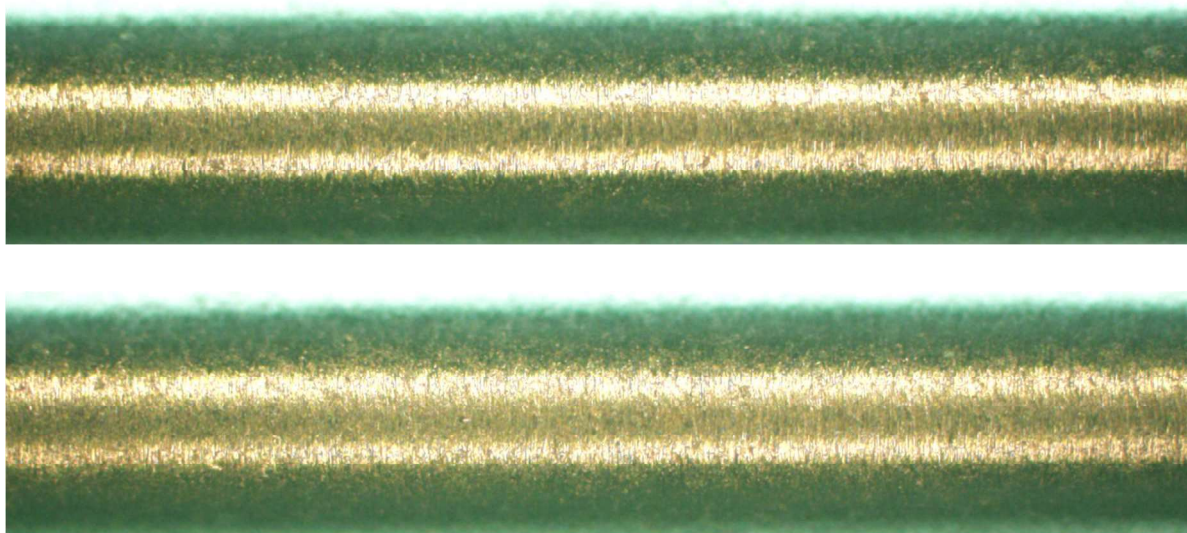


Рис. 1 Качественная поверхность $R_a=1,3$ мкм шлифованных заготовок $\varnothing 0,8$ мм, $50\times$

Такая схема обусловлена тем, что в процессе протяжки проволока приобретает направленные соответственно протяжке поверхностные дефекты – продольные складки, риски и задиры, которые, от перехода к переходу, усугубляются, и переходят внутрь сечения проволоки, становясь внутренними – закатанными пленами. Пример поверхности такой проволоки с шероховатостью $R_a=1,3$ мкм представлен на рисунке 2.

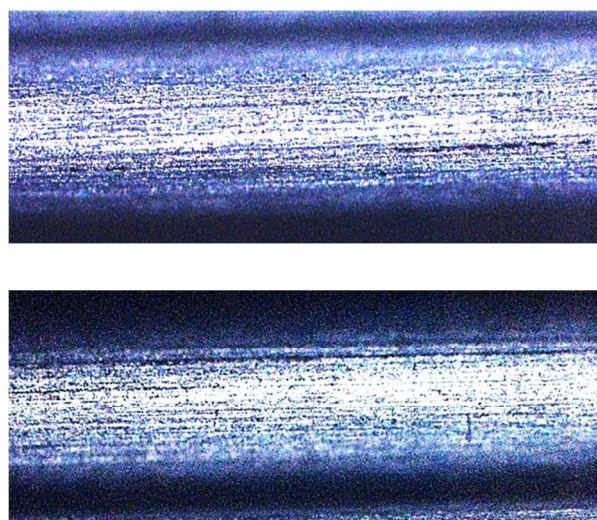


Рис. 2. Поверхность проволоки $\varnothing 0,8$ мм после протяжки без шлифовки, $50\times$

Для удаления этих плен, образующих на поверхности проволоки протяжённые трещины, и применяется шлифовка, которая, в свою очередь, требует разделения исходной

проволоки на прямые мерные заготовки, которые можно подавать в шлифовальный станок. Конечно, для получения проволоки с минимальной глубиной поверхностных дефектов, должна соблюдаться технологическая дисциплина, заключающаяся, в том числе, в использовании не изношенных фильер, применении качественной смазки, своевременном удалении из зоны протяжки загрязнений, и т.п., а главное – в протяжке проволоки с заданной величиной разового обжатия, и по схеме круг – овал – круг [8]. В таком случае на выходе получается проволока с минимальной глубиной поверхностных рисков, не переходящих в протяжённые закатанные плены. С учётом стоимости изготовления необходимого комплекта оснастки, в особенности овальных фильер, производство проволоки из молибденовых сплавов становится весьма затратным, объясняя цену, стремящуюся к семизначному числу в рублях.

Изготовители молибденовой проволоки принимают меры для снижения своих производственных расходов. Как правило, первым следствием такой экономии становится отказ от применения овальных фильер, и перетяжка проволочной заготовки производится с круга на круг, в результате чего металлический материал испытывает высокие нагрузки [8]. Напряжённо-деформированное состояние при проходе через очередную фильеру сохраняет схему нагружения от перехода к переходу неизменной, отчего стремительно накапливается дефектность металлического материала.

Под действием таких нагрузок и в особенности при разовом обжатии, превышающем оптимальное для данного материала, на поверхности проволоки образуются продольные складки, дополняемые царапинами и задирами от попадающих в инструмент загрязнений. Далее, образованные на поверхности проволоки складки, царапины и задиры превращаются в дефекты типа закатанных плен с присущей им глубиной до 0,1 мм. Примеры поперечных шлифов качественных шлифованных заготовок и заготовок с образованными закатанными пленами трещинами \varnothing 0,8 мм, приведены на рисунке 3.

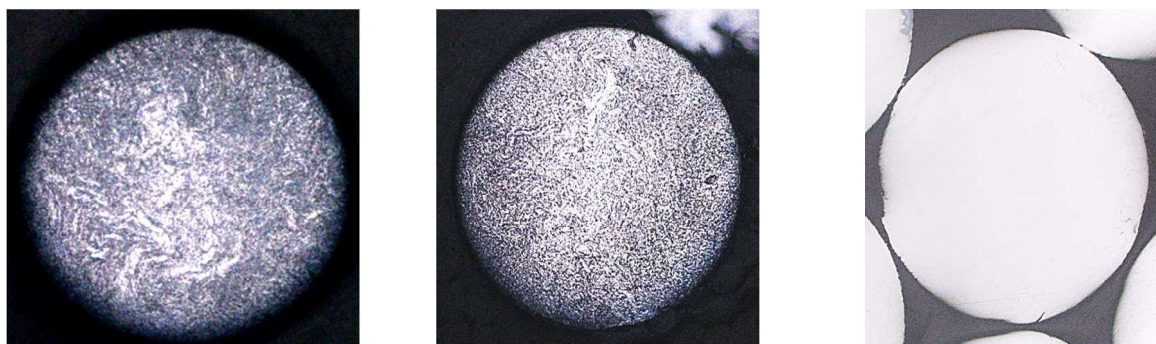


Рис. 3. Поперечные протравленные шлифы качественной заготовки \varnothing 0,8 мм (слева), и закатанная плена на протравленном (в центре) и не протравленном (справа) шлифе, $100\times$

Вид шлифованных заготовок \varnothing 0,8 мм с продольными трещинами от не выбранных при шлифовке закатанных плен, показан на рисунке 4. Такие трещины в направлении протяжки проволоки, наиболее опасны, и обычно трудно различимы, поскольку отличаются небольшой толщиной, составляющей несколько мкм.

Столь малая толщина объясняет опасность этих трещин, поскольку не позволяет заживать их в процессе пайки – сборки траверс с керамическими деталями прибора, в результате чего вакуумная плотность их рабочей зоны может быть нарушена. Такие трещины уместно определять также как расслоения, поскольку их необходимо отличать от других

возможных трещин, а равно и от царапин. А именно: царапины могут располагаться произвольным образом и быть искривлены, тогда как расслоения всегда прямолинейны и строго направлены, как это показано на рисунках 4 и 5.

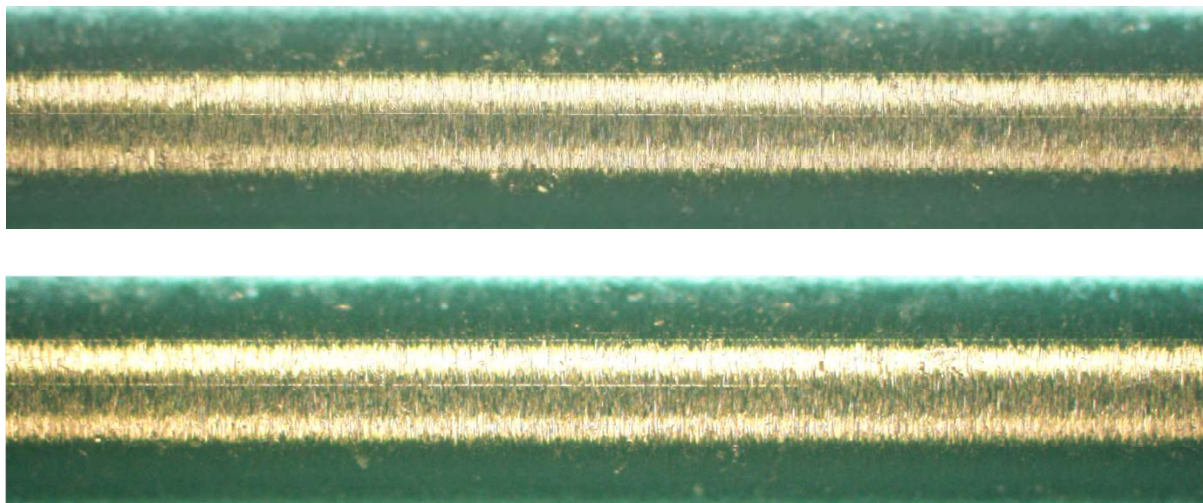


Рис. 4. остатки закатанных плен в виде трещин на шлифованных заготовках $\varnothing 0,8$ мм, $50\times$

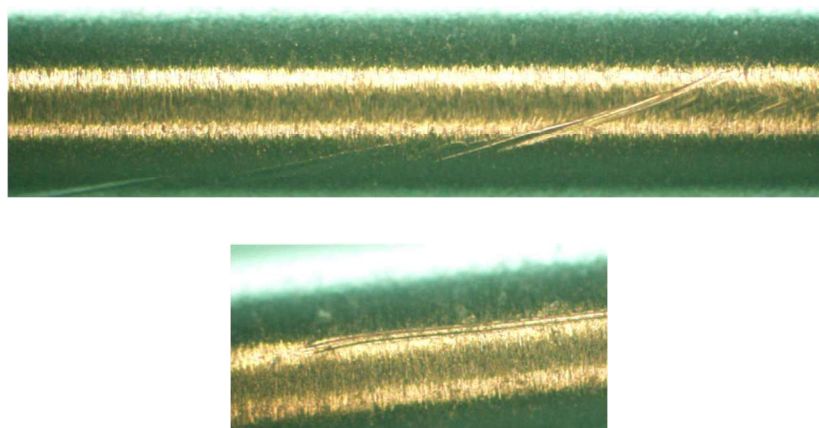


Рис. 5. Царапины на поверхности заготовок $\varnothing 0,5$ мм, $50\times$

ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ДЕФЕКТНОСТИ ЗАГОТОВОК НЕКОТОРЫХ ДИАМЕТРОВ

Производственная практика показывает, что дефектность шлифованных заготовок из молибдена и его сплавов различных марок некоторым образом связана с их диаметром. Как правило, заготовки большего диаметра имеют большее количество дефектов в партии, а именно – таких системных и наиболее опасных с точки зрения обеспечения вакуумной плотности готовых приборов дефектов, как расслоения. Как указано выше, обычно глубина расслоений, составляет до 0,1 мм от поверхности проволоки, без учёта высоты и глубины неровностей её поверхности, которые при шероховатости $R_a = 1,3$ мкм в соответствии с ГОСТ 2789, составляет $R_{max}=12,5$ мкм. Это значит, что только для обработки, обеспечивающей удаление металлического материала на условную глубину дефекта, необходимо произвести его съём не менее 0,1 мм на сторону, или 0,2 мм на диаметр заготовки.

Следовательно, для получения бездефектных в части расслоений шлифованных заготовок Ø 0,8 мм, необходимо использовать проволоку диаметром не менее 1,0 мм.

Сравнивая величину поперечного сечения такой проволоки и товарной шлифованной заготовки, мы видим, что они соотносятся как 0,64/1. То есть, производя минимально необходимую обработку, производитель буквально превращает в пыль 1/3 дорогостоящего полуфабриката, цена которого назначается исходя из его массы.

Стремясь снизить эти потери, производитель снижает диаметр используемой проволоки, уменьшая величину удаляемого технологический припуска, то есть съёма материала при шлифовке до тех пор, пока обеспечивается хотя бы визуальная видимость её качественного проведения. Это приводит к тому, что существенная часть поступающих на входной контроль заготовок не проходит его по признаку наличия протяжённых продольных расслоений, которые являются системным технологически предопределённым дефектом. Благодаря развитой системе входного контроля, такие заготовки бракуются, и целые их партии возвращаются поставщикам.

Типичными с этой точки зрения являются применяемые для изготовления деталей траверс шлифованные заготовки Ø 0,8 мм. Происходит следующее: те же поставщики, которые поставляют бракованные заготовки Ø 0,8 мм, изготавливают обычно качественные заготовки Ø 0,5 мм, так же применяемые при изготовлении приборов. Конечно, и на этих заготовках могут присутствовать царапины или другие механические повреждения, однако дефектов типа расслоений на них, обычно нет. В среднем, число отбракованных партий таких заготовок примерно в 3 раза меньше, чем заготовок большего диаметра. Разгадка, состоит в том, что, поскольку число организаций – потребителей таких материалов, как шлифованные заготовки из молибдена и его сплавов, ограничено, «пристроить» однажды забракованный материал бывает сложно. Это и вынуждает не слишком добросовестных производителей перешлифовывать заготовки на меньший диаметр, например, с Ø 0,8 до Ø 0,5 мм.

После такой обработки со съёмом 0,3 мм на диаметр, все проникающие в материал поверхностные дефекты удаляются, и при условии получения поверхности необходимого качества и отсутствия механических повреждений, материал признаётся годным, и поступает в производство. Многолетняя статистика подтверждает, что в современных условиях, рассчитывать на технологическую дисциплину организаций – поставщиков таких дорогостоящих материалов, как шлифованные заготовки из молибдена и его сплавов, не приходится.

Поэтому в части получения заготовок, обеспечивающих необходимый уровень вакуумной плотности изготавливаемых приборов, может быть рекомендовано производить их шлифовку на собственных производственных мощностях, либо каким-либо образом добиваться возможности контроля процесса их изготовления организациями – поставщиками.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее распространённым, и одновременно опасным с точки зрения обеспечения вакуумной плотности рабочей зоны электровакуумных приборов, шлифованных заготовок из молибдена и его сплавов, являются продольные расслоения.

2. Одной из причин образования продольных расслоений в шлифованных заготовках, является стремление организаций – производителей этих материалов сократить

количество используемых для изготовления исходной проволоки фильер, а также исключение из них фильер овального профиля, как наиболее трудоёмких и дорогих в изготовлении.

3. Отказ от изготовления проволоки по схеме круг – овал – круг в пользу менее затратной круг – круг, а также сокращение числа технологических переходов в угоду уменьшения затрат времени, и в силу общего износа необходимой оснастки, приводит к повышенному уровню напряжений в протягиваемом металлическом материале, отчего на его поверхности формируются глубокие борозды, на последующих переходах превращающиеся в закатанные плены. Износ и загрязнение оснастки дополнительно усугубляют это явление.

4. Образующиеся вследствие перечисленных выше отступлений от надлежащего технологического процесса дефекты, приводят к возникновению в материале проволоки закатанных плен с проникновением на глубину до 0,1 от её поверхности – протяжённых продольных расслоений. В таком случае при изготовлении шлифованных заготовок Ø 0,8 мм необходимо использовать исходную проволоку диаметром не менее 1,0 мм, а это означает прямые потери 1/3 материала по массе с соответствующими экономическими потерями, поскольку цена на шлифованные заготовки назначается исходя из их суммарной массы.

5. Стремясь сократить потери материала в процессе шлифовки, недобросовестные изготовители стремятся применять как можно более тонкую проволоку, снижая удаляемый технологический припуск. Соответственно, в ряде случаев недостаточная величина съёма металлического материала при бесцентровом шлифовании заготовок не позволяет освободить его от продольных трещин – расслоений, наличие которых может привести к потере вакуумной плотности рабочей зоны электровакуумных приборов.

6. Бракуемый в процессе входного контроля материал возвращается поставщикам, и те перешлифовывают его на меньшие диаметры, полностью удаляя с заготовок проникающие в них поверхностные дефекты типа расслоений, и тем обеспечивая его надлежащее качество. Это и объясняет устойчивую статистику лучшего качества шлифованных заготовок меньшего диаметра относительно заготовок диаметра большего.

7. С учётом экономических реалий и состояния современного состояния рынка специальных материалов, для получения стабильного качества шлифованных заготовок из молибдена и его сплавов, целесообразно рекомендовать их обработку из проволоки на собственных производственных мощностях организаций – потребителей, либо обеспечение технологического надзора за соответствующим технологическим процессом в организациях – поставщиках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Е. Самсонов / Основы расчёта и конструирования магнетронов / –М.: Советское радио, 1974. -328 с.
2. ТУ 48-19-250-86 Заготовки из молибдена и его сплавов дуговой вакуумной плавки, шлифованные. Технические условия / –М.: МОЗТМиТС, 1986. -24 с.; изм.
3. ТУ 48-19-247-86 Прутки из молибдена марок МЧ, МЧВП, М-5, М-6, М-7. Технические условия / –М.: МОЗТМиТС, 1993. -31 с.; изм.;
4. ТУ 48-19-254-91 Прутки и проволока из сплава молибден-рений марки МР-47. Технические условия / –М.: МОЗТМиТС, 1991. -14 с.; изм.
5. ГОСТ 18905-73 Проволока молибденовая. Сортамент / –М.: ИПК «Издательство стандартов», 2004, -8 с., изм.

6. ТУ 48-19-203-85 Прутки из молибдена металлокерамического и вакуумной плавки, не отожжённые. Технические условия / –М.: МОЗТМиТС, 1985. -4 с.; изм.
7. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики / –М.: Стандартиформ, 2018, -6 с., изм.
8. Перлин И.Л., М.З. Ерманок / Теория волочения /изд. 2-е / –М.: Металлургия, 1971. - 448 с.; ил.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

П.А. Головкин – кандидат технических наук, АО «Плутон», г. Москва; e-mail: p.golovkin@pluton.msk.ru

В.В. Суров – АО «Плутон», г. Москва.