ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

УДК 621. 9202

А.А. БЕЛКИНА, Кременчуг, Украина

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ВОЛОЧЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Розглянуто застосування технічно чистого вольфраму в різних галузях промисловості. Встановлено, що в основному він застосовується у вигляді прутків та дроту, отриманих методом волочіння. Виконано аналіз впливу технологічних параметрів волочіння на якість дроту із різних матеріалів. Показано, що результати досліджень стального дроту не завжди придатні для використання при розробці технологічного процесу виготовлення вольфрамового дроту. Для вирішення проблеми підвищення якості вольфрамового дроту необхідно виконати комплекс досліджень із удосконалення технологічного процесу.

Рассмотрено применение технического вольфрама в разных областях промышленности. Установлено, что в основном он применяется в виде прутков и проволоки, полученных методом волочения. Выполнен анализ влияния технологических параметров волочения на качество проволоки из различных материалов. Показано, что результаты исследований стальной проволоки не всегда пригодны для использования при разработке технологического процесса изготовления вольфрамовой проволоки. Для решения проблемы повышения качества вольфрамовой проволоки необходимо выполнить комплекс исследований по совершенствованию технологического процесса.

The application of tungsten in various technical fields of industry, found that in general it is used in the form of rods and wires obtained by drawing. The analyze dragging technological parameters influence on quality of wire from different materials is executed. It is showed that the results of steel wire researches are not always suitable for using to develop technological process of tungsten wire making. It is necessary to execute the researches complex of technological process perfection for the decision of upgrading tungsten wire problem.

Большое значение для народного хозяйства в вопросах повышения качества, надежности и долговечности устройств имеет потребление конструкционных, инструментальных и др. материалов со специальными

© А.А. Белкина, 2013

свойствами: высокими показателями прочности, жаростойкости, ударной вязкости и т.д. К таким материалам относятся, в первую очередь, тугоплавкие материалы, их сплавы, высокоуглеродистые и легированные стали.

Особое место среди тугоплавких металлов занимает вольфрам, который имеет высокую температуру плавления (3410°С) и сохраняет прочностные свойства, предел прочности более 4000 МПа, в условиях высоких температур (более 2500°С) [1]. Чистый вольфрам в промышленности, как правило, применяется в виде проволок. Марки вольфрама и области его применения приведены в табл. 1. Вольфрамовая проволока проявляет высокую коррозионную стойкость в кислотной и щелочной средах. Вольфрамовый катод обладает высокой прочностью и большей электропроводностью по сравнению с графитовым [2]. Уникальный комплекс физико-механических свойств вольфрама обуславливает его широкое промышленное применение.

Таблица 1 – Применение чистого вольфрама

Область применения	Изделия	Марка вольфрама
Электротехническая промышленность	Спирали ламп накаливания и других источников света	ВА
Приборостроение	Пружины полупроводниковых приборов	ВА
	Катоды электронных и газоразрядных приборов	ВТ-10 ВТ-15
	Вводы, траверсы и другие детали приборов	ВРН
	Элементы сопротивления в нагревательных печах	ВА
	Термопары	ВР 5/20
	Крест нитей для оптических труб	ВА
Машиностроение	Электроды для сварки	ВА
	Электроды в плазмотронах	ВА
Медицина	Иглы-наконечники радиоволновых скальпелей	ВА
Косметология	Радиоволновая коагуляция	ВА
Химическая промышленность	Сетки различных фильтров	ВА

Целью работы является анализ результатов исследований процесса волочения проволоки, изготовленной из различных материалов.

Одним из главных препятствий для расширения области применения, как вольфрама, так и его сплавов, является малая пластичность этих материалов при пониженных температурах, приводящая к снижению сопротивления ударным нагрузкам и затрудняющая обработку давлением. Низкотемпературная хрупкость и недостаточный уровень жаропрочности, характерные для вольфрама, накладывают на процесс пластической деформации этого материала существенные ограничения и особенности [3].

Высокая температура рекристаллизации, наличие в металлах технической чистоты температурных зон хрупкости и повышенная реакционная способность ограничивают интенсификацию процессов обработки давлением тугоплавких металлов. Довольно часто при волочении происходят разрывы проволоки, что приводит к остановке хода технологического процесса, как следствие, снижению производительности труда и ухудшению работы оборудования. Разрывы проволоки связаны с ее дефектами, с неправильно определенными параметрами инструмента и технологического режима волочения. Основные причины разрыва вольфрамовой проволоки приведены в табл. 2 [4].

Режимы процессов обработки металлов давлением (ОМД) определяются исходными свойствами заготовок, особенностями конкретного процесса технологии и требованиями к эксплуатационным свойствам готовых изделий. Интенсификация процесса производства изделий из тугоплавких металлов возможна и необходима на стадиях ОМД. Это достигается повышением технологической деформируемости металлов. Последняя, в существенной степени, зависит от условий контактного взаимодействия металла с инструментом и схемы напряженного состояния обрабатываемой заготовки в очаге деформации [5].

Широкое применение в промышленности нашли вибрационные методы интенсификации технологических процессов. Использование вибрации при ОМД расширяет технологические возможности пластической деформации. Вибрационное нагружение снижает силы деформирования, увеличивает пластичность металлов, уменьшает

остаточные напряжения, обеспечивает более равномерное распределение деформаций и напряжений, способствует получению более однородной и мелкозернистой структуры. Такое влияние вибрации на технологические и механические свойства металлов объясняется уменьшением как внутренних, так и внешних сил сопротивления деформации, значительной частью которых является контактное трение [6].

Таблица 2 – Основные причины разрывов проволоки

Элемент процесса волочения	Причины, вызывающие разрыв
Материал (проволока)	расслоение
	пористость
	наличие включений
Инструмент-волока	несовершенство продольного профиля волочильного канала
	большая шероховатость поверхности волочильного канала
	кольцевые углубления на контактной поверхности
	налипание металла на поверхность канала волоки, и накапливание в канале волоки металлической пыли
Оборудование	плохое профилирование захваток
	вибрация тянущего устройства
	несоответствие скоростей проволоки и барабанов
	грубая шероховатость поверхности барабанов
Условия обработки	повышение сил контактного трения
	нарушение соосности проволоки и волоки
	наличие больших остаточных напряжений
	применение чрезмерно высоких обжатий за проход
	большие величины противонатяжения
Смазка	недостаточная адгезия или маленькая вязкость смазки
	недостаточное поступление смазки в зону деформации

Сведения об исследованиях вибрационного деформирования тугоплавких металлов крайне ограниченны, хотя тугоплавкие металлы и сплавы на их основе, в силу их специфических особенностей, представляют собой перспективную область для исследования. В первую очередь это относится к исследованию технологической деформируемости тугоплавких металлов в процессах ОМД при вибрационном нагружении, что позволяет установить возможность и степень интенсификации технологических режимов ОМД.

В работе [5] рассматривалась проблема расслоения металла при волочении арматурной проволоки из сталей 75-85. Авторы рекомендуют применение встроенных сборных волок для волочения с получением сжимающих остаточных напряжений в поверхностных слоях металла, что способствует значительному уменьшению расслоений металла. Такое решение проблемы не может быть применено к волочению проволоки из тугоплавких материалов вследствие влияния масштабного фактора. Арматурная проволока имеет большие размеры, чем вольфрамовая. По сечению в ней возникает разная схема напряженного состояния, что приводит к образованию напряжений второго рода. Вольфрамовая проволока выпускается малых размеров и по сечению ее напряженное состояние практически одинаково. Кроме того, методы получения стальной и вольфрамовой заготовки под волочение различны, отсюда отличаются физико-механические свойства. Несмотря на то, что одним из основных дефектов, которые приводят к обрывности в процессе волочения, является расслоение, отсутствуют данные по анализу механизма его образования и, соответственно, по методам предотвращения этого явления.

Ряд работ разных авторов посвящен исследованию поведения дефектов и развития текстуры при волочении. В работе [6] дана оценка влияния величины технологических параметров волочения на образование дефекта «риска» на поверхности проволоки. Установлено, что основными факторами, вызывающими образование риски, являются размеры микронеровностей и дефектов рабочей поверхности канала волоки, величина перекоса проволоки от оси волочения на выходе из канала волоки, количество примесей в волочильной смазке. Прочие факторы –

угол рабочего конуса волоки, частные обжатия, скорость волочения и другие, оказывают незначительное влияние на качество поверхности проволоки.

В статье [7] выявлены закономерности формоизменения различных типов рисок в зависимости от их глубины и вписанного угла раскрытия в исходном состоянии; от величины частых обжатий при волочении; угла рабочей зоны волоки и качества полировки ее рабочей зоны. В результате даны практические рекомендации по режимам волочения, наиболее интенсивно уменьшающим глубину рисок одного типа. Выделен тип рисок, которые уменьшают свою глубину медленнее уменьшения диаметра проволоки, поэтому преобразуются в радиальную трещину с растущей относительной глубиной. Что касается развития внутренних дефектов (пор, разрывов), одиночно расположенных внутри проволоки, то возможно различное их развитие при дальнейшей деформации – от залечивания дефекта до его раскрытия и обрыва заготовки по месту его расположения.

Моделирование поведения пор проведено на основе применения метода конечных элементов [7]. Здесь же показано, что при наличии в центре заготовки поры её линейные размеры при волочении изменяются быстрее, чем линейные размеры заготовки. В каждом проходе волочения в центре заготовки ситуация может повторяться, и объём дефекта может возрастать от прохода к проходу от микро- до макроуровня. В критических проходах эти поры могут перекрывать половину поперечного сечения заготовки, что при достаточно длинном маршруте волочения обязательно приведёт к обрыву. В качестве модельного материала в эксперименте использовали технический свинец, который моделирует горячую деформацию. Однако опорное решение задачи выполняли для волочения заготовки на примере меди, которая в холодном состоянии проявляет вязкие свойства. Эти факты вносят сомнение в применение результатов моделирования для волочения вольфрама.

Значительный интерес представляют работы по определению и анализу напряженно-деформированного состояния в очаге деформации [1], по определению давления и влияния трения [2] и разработки оптимальных режимов волочения светлой и оцинкованной канатной проволоки на основе конечно-элементного моделирования [2]. В работе [2] выполнено

моделирование развития кристаллографической текстуры при волочении проволоки. Это позволило установить влияние трения на поверхности контакта заготовки с инструментом на изменение текстуры проволоки.

Большинство исследований по волочению выполнено для стальной проволоки [1, 2]. Результаты этих исследований не всегда альтернативны для вольфрамовой проволоки вследствие разницы механических свойств материалов.

Таким образом, выполненный анализ исследований волочения проволоки из различных материалов показал, что много работ посвящено исследованию волочения стальной проволоки: анализу напряженно-деформированного состояния, давления, влиянию трения, улучшению качества проволоки. Однако, вследствие разной технологической схемы изготовления стальной и вольфрамовой заготовки и отличающихся физико-механических свойств, данные этих исследований не могут быть применены к совершенствованию технологического процесса изготовления вольфрамовой проволоки и повышению ее качества. Поэтому требуется выполнить комплекс исследований направленный на повышение качества вольфрамовой проволоки в процессе ее изготовления.

Список используемых источников: **1.** *Шаповал А.Н.* Интенсивные процессы обработки давлением вольфрама и молибдена / *А.Н. Шаповал, С.М. Горбатюк, А.А. Шаповал*. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006. – 352с. **2.** *Волченко В.Н.* Сварка и свариваемые материалы. Том 1 – Свариваемость материалов / *В.Н. Волченко*. – М.: Металлургия, 1991. – 528с. **3.** *Суворов А.А.* Обработка деталей из вольфрама и его сплавов / *А.А. Суворов*. – М .: Машиностроение, 1978. – 132с. **4.** *Перлин И.Л.* Теория волочения / *И.Л. Перлин, М З. Ерманок* – М.: Металлургия, 1971. – 448с. **5.** *Шаповал В.Н.* Теоретическое обоснование, разработка и внедрение высокопроизводительных процессов вибрационного волочения и прессования труднодеформируемых материалов. Дисс. докт. техн. Наук / *В.Н. Шаповал* – Кременчуг, 1988. – 340 с. **6.** *Шаповал В.Н.* Вибрационные приводы в металлообработке / *В.Н. Шаповал* – К.: Техніка, 1983 – 120 с. **7.** *Клименко В.М.* Вибрационная обработка металлов давлением / *В.М. Клименко, В.Н. Шапова* – Киев: Техника, 1977 - 231с.