

*к.т.н., доц. Ведерников Н.И.,
ассистент Кучма С.Н.,
ст. преподаватель Стародубов С.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРУТКОВ ИЗ СПЛАВА ЭП-977

Розроблено спосіб одержання малогабаритних прутків діаметром 3,0...3,5 мм зі сплаву ЭА-977 методом динамічного старіння. Досліджено вплив динамічного старіння на фізико-механічні та елінварні властивості цих прутків. Встановлено режим термомеханічної обробки, який забезпечує оптимальний комплекс зазначених властивостей для напівфабрикатів деталей точного приладобудування.

В настоящее время опережающими темпами развиваются такие высокотехнологические отрасли машиностроения, как робототехника и точное приборостроение. Отличительной особенностью устройств, приборов и изделий этих отраслей являются высокие требования к точности измерения и надежности; жесткие ограничения по массе, габаритам и энергопотреблению; учет различных дестабилизирующих факторов: механических, климатических и т.д. Создание таких изделий требует разработки, освоения производства и совершенствования качества материалов и сплавов со специальными физическими и физико-механическими свойствами. Указанные сплавы должны обеспечивать стабильность свойств в разнообразных условиях работы, максимальное сужение диапазона изменения свойств, гарантии уровня свойств на рабочих режимах в климатическом диапазоне температур. Иначе говоря, эти сплавы должны обеспечивать высокий уровень целого комплекса специфических физических свойств.

Широкое применение для изготовления ряда деталей систем дистанционного управления сложными техническими объектами находит дисперсионно-твердеющий элинварный сплав ЭП-977 композиции $Fe-Ni-Cr$.

Основным полуфабрикатом для изготовления изделий из сплава ЭП-977 являются прутки, изготавливаемые металлургической промышленностью согласно ТУ 14-1-4630 – 89 [1]. Однако указанный сортament не предусматривает прутков диаметром менее 4,5 мм. Кроме того, в состоянии поставки элинварный сплав не обладает требуемым комплексом физико-механических и элинварных свойств. Существующая тех-

нология получения малогабаритных (диаметром 3,0...3,5 мм) прутков предусматривает следующий маршрут:

*серийный пруток Ø4,5 → рихтовка на правильной машине →
разрезка абразивным кругом на заготовки длиной 102 мм →
шлифование с Ø4,5 до Ø3,5 на бесцентрово-шлифовальном станке →
старение в вакуумной печи (1,5 часа при температуре 560 °С)*

Недостатками указанной технологии являются значительный расход материала (безвозвратные потери металла достигают 25%) и сложность обеспечения качественной рихтовки (нестабильность элинварных свойств по длине прутка приводит к тому, что около 50% заготовок бракуются по физическим параметрам).

Поэтому для дальнейшего совершенствования технологии элинварного сплава ЭП-977 с целью обеспечения комплекса необходимых свойств, промышленно-перспективным путем является использование новых схем обработки.

Задачей данной работы является исследование возможности использования старения под напряжением (динамического старения) как способа получения малогабаритных прутков для изготовления изделий из сплава ЭП-977.

Как показывает анализ публикаций, в последние годы успешно разрабатываются и внедряются новые методы упрочнения различных металлов и сплавов, среди которых преимущественное значение приобретает термомеханическая обработка во всех ее разнообразных вариантах [2, 3, 4, 5]. Одним из видов термомеханической обработки является динамическое старение – процесс распада пресыщенного твердого раствора в непрерывно изменяющемся поле упругих напряжений, созданном внешней нагрузкой, и, соответственно, в непрерывно изменяющемся напряженном и структурном состоянии сплава.

Динамическое старение сплавов различного состава и структуры в результате происходящих при этой обработке структурных, субструктурных и релаксационных процессов приводит к существенному улучшению широкого комплекса свойств. Это, в свою очередь, определяет и рост надежности практически всех деталей и изделий. Одновременно динамическое старение повышает размерную стабильность изделий, изготовленных из материалов и сплавов, подвергнутых динамическому старению.

Экспериментальные исследования проводились на элинварном сплаве ЭП-977. В исходном состоянии образцы сплава имели диаметр 4,5 мм. Их подвергали закалке с температуры 1050 °С с охлаждением в воде. Затем образцы подвергались холодной деформации многократным

волочением через твердосплавные фильеры. Степень деформации составляла 54%, 68% и 83%. Динамическое старение проволоки проводилось в интервале температур 500...700 °С [6] на термоволоочильной установке, схема которой представлена на рисунке 1.

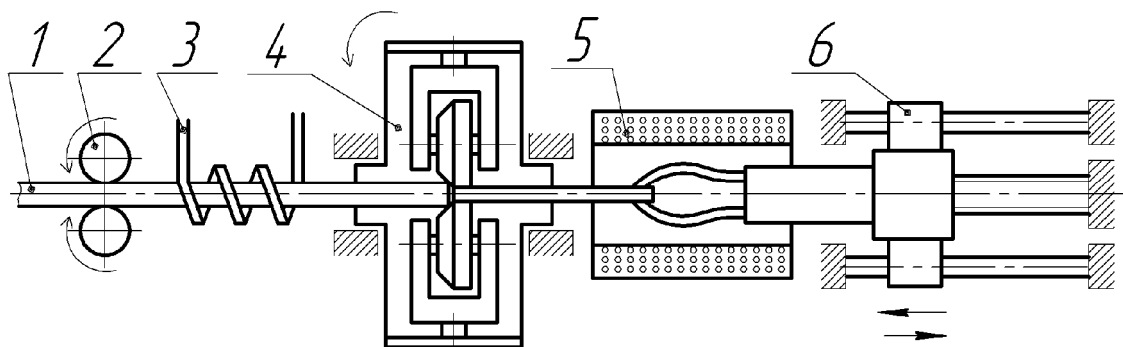


Рисунок 1– Схема установки для термомеханической обработки

Установка состоит из последовательно расположенных задающего устройства 2 для подачи заготовки 1, узлов нагрева 3 и 5, деформации 4 и тянущего устройства 6. Деформирующая головка, установленная на полom шпинделе, имеет три свободно вращающихся ролика, установленных по окружности через 120°. Головка вращается с частотой 250...350 об/мин. Задающие ролики 2 и тянущее устройство 6 обеспечивают подачу эливарной проволоки диаметром 4,5 мм к узлам нагрева и деформации со скоростью 7...10 м/мин. Температура нагрева заготовки индуктором 3 в пределах 500...700 °С контролируется фотоэлектрическим пирометром.

Техническая характеристика установки:

- скорость деформации, м/мин	7...10;
- ход тянущего устройства, мм	6000;
- мощность индуктора, кВт	40;
- мощность нагревательного элемента для отпуска, кВт	16;
- мощность электродвигателя стана, кВт	20.

Процесс идет непрерывно-последовательно. Проволока 1 нагревается индуктором 3 до необходимой температуры, протягивается через вращающуюся деформирующую головку 4 где деформируется. Степень обжатия может регулироваться. При выходе из зоны деформации проволока в натянутом состоянии выдерживается под нагрузкой 4 кгс/мм² в течении 25 минут.

Для обработанных образцов по известным методикам [7, 8] определялись механические свойства и температурный коэффициент модуля упругости (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Механические свойства сплава ЭП-977

Режим обработки сплава	Механические свойства				
	Предел прочности σ_b , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное сужение ψ , %	Относительное удлинение δ , %	Остаточный прогиб, мм/м
Закалка 1050 °С	460	160	70	41	–
Х.д. 54%	1028	970	58	3,0	–
Х.д. 68%	1093	1068	54	2,5	–
Х.д. 83%	1134	1106	–	–	–
Х.д. 68% + ДС 500 °С	1238	1216	50	1,9	55
Х.д. 68% + ДС 550 °С	1235	1213	54	3,5	48
Х.д. 68% + ДС 600 °С	1360	1304	52	4,0	32
Х.д. 68% + ДС 650 °С	1520	1380	24	5,4	18
Х.д. 68% + ДС 700 °С	1540	1410	36	4,6	7

Примечание: Х.д. – холодное деформирование; ДС – динамическое старение.

Таблица 2 – Температурный коэффициент модуля упругости $\beta \times 10^4$, °С⁻¹ (для интервала температур +20...+85 °С)

Режим обработки сплава	Температура старения, °С					
	500	550	600	650	700	750
Х.д. 68%	-58	-54	-48	-30	-10	-6
Х.д. 68% + ДС 500 °С	–	–	-56	-30	-10	–
Х.д. 68% + ДС 550 °С	-36	-34	-30	-12	–	–
Х.д. 68% + ДС 600 °С	-34	-40	-39	-34	-24	-8
Х.д. 68% + ДС 650 °С	-36	-38	-40	-39	-24	-14
Х.д. 68% + ДС 700 °С	-28	-31	-29	-22	-14	-5

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Динамическое старение позволяет получать малогабаритные (диаметром 3,0...3,5 мм) прутки из сплава ЭП-977.

2. Определены режимы динамического старения, обеспечивающие высокий уровень комплекса физико-механических и элинварных свойств в малогабаритных прутках из сплава ЭП-977.

3. Динамическое старение, как метод получения малогабаритных прутков, повышает эффективность использования металла за счет замены механической обработки (шлифования) пластической деформацией.

Разработан способ получения малогабаритных прутков диаметром 3,0...3,5 мм из сплава ЭП-977 методом динамического старения. Исследовано влияние динамического старения на физико-механические и элинварные свойства этих прутков. Установлен режим термомеханической обработки, обеспечивающий оптимальный комплекс указанных свойств для полуфабрикатов деталей точного приборостроения.

The method of receipt of small rental a diameter is developed 3,0...3,5 mm from the alloy of ЭП-977 by the method of dynamic senescence. Influence of the dynamic senescence on physical, mechanical and elinvare`s properties of these rental is investigational. The mode of the heat-mechanical treatment, providing the optimum complex of the indicated properties for ready-to-cook foods of details of exact instrument-making, is set.

Библиографический список

1. ТУ 14-1-4630 – 89 Проволока холоднотянутая из сплава ЭП-977. – Введ. 1989-01-07. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартами: Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.

2. Бернштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов: в 2 т. / М.Л. Бернштейн. – М.: Металлургия, 1968. – Т.1.: Термомеханическая обработка сплавов. – 1968. – 596 с., ил.

3. Пастухова Ж.П. Динамическое старение сплавов / Ж.П. Пастухова, А.Г. Рахштадт, Ю.А. Каплун. – М.: Металлургия, 1985. – 223 с.

4. Термическая обработка в машиностроении / А.В. Арендарчук [и др.]; под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахштадта. – М.: Машиностроение, 1980. – 783 с., ил.

5. Шаврин О.И. Технология и оборудование термомеханической обработки деталей машин / О.И. Шаврин. – М.: Машиностроение, 1983. – 196 с., ил.

6. Пат. 30882 Україна, МПК(2006) C21D8/06. Спосіб отримання малогабаритних прутків з дроту елінварного сплаву / Кучма С.М. (Україна); Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна), – №и200714161, заявл. 17.12.2007; опубл. 11.03.2008, Бюл. №5, – 4 с.

7. Лившиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов / Б.Г. Лившиц, В.С. Крапошин, Я.Л. Липецкий. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с., ил.

8. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золотаревский. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Луценко В.А.