

*к.т.н. Мороз Н.Н.,  
Маркевич А.Г.  
(КГУ, г. Кременчуг, Украина)*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ С ПОДПОРОМ**

*Проведений аналіз експериментальних та розрахункових значень силових умов деформування металу монолітною конічною матрицею, способом волочіння з підпором виробів з матеріалів, що важко деформуються.*

***Ключові слова:** волочіння, деформування, проштовхування, співвідношення сил волочіння та підпору.*

*Проведен анализ экспериментальных и расчетных значений силовых условий деформирования металла монолитной конической матрицей, способом волочения с подпором изделий из труднодеформируемых материалов.*

***Ключевые слова:** волочение, деформирование, проталкивание, соотношение тянущей и проталкивающей сил.*

**Постановка проблеми.** Даже при минимальных давлениях подпора практически исключается брак, связанный с разрывом заготовок и значительно снижаются тянущие усилия. Основная проблема, стоящая перед производством заготовок для изделий из труднодеформируемых материалов и высоколегированных сталей осуществляемых методами вибрационного деформирования, является увеличение степени деформации заготовок при минимальных затратах деформирующих усилий и увеличении выхода качественной продукции [1]. Наиболее эффективно это достигается при «силовой или температурной интенсификации процесса». Одним из эффективным методов «силовой интенсификации» является использование виброволочения с подпором.

**Анализ достижений и публикаций.** Известны технические и технологические решения использования волочения с применением вращательных, угловых и поперечных колебаний волоки, проталкивания и волочения прутков и проволоки с применением продольных колебаний, ступенчатого вибрационного деформирования [2]. При циклическом подпоре решены вопросы выбора кинематических и временных

параметров подпора. Силовые характеристики данного процесса ранее не рассматривались.

**Цель работы.** Экспериментально определить и сравнить с расчетными значения проталкивающей и тянущей сил при виброволочении, а также соотношение между ними.

**Материал исследования.** В качестве материалов для экспериментов использовали прутки из вакуумплавного молибдена и шарикоподшипниковых сталей [3, 4]. Прутки из вакуумплавного молибдена марки МЧ исходным диаметром 16 мм, полученные из слитков методом горячего прессования и последующейковки на ротационно-ковочной машине, нагревали до 250°С в муфельной молибденовой печи. Перед посадкой в печь на поверхность прутков наносили слой технологической смазки (аквадага).

Для деформирования применяли монолитные волокна с вкладышами из сплава ВК8, рабочий канал волокна обработан по следующей технологии: шлифовка и полировка порошком карбида бора, доводка алмазной пудрой. Для исследований применяли волокна с углом рабочего конуса  $2\alpha=0,20-0,25$  рад. Волокно устанавливали в виброволокодержателе. Частота вибрации волокна задавалась в пределах 5–45 Гц изменением оборотов приводного электродвигателя пульсатора. Амплитуда колебаний волокна, регулируемая изменением эксцентриситета привода пульсатора, – в пределах 1–3 мм.

Нагретый пруток задавали в волокно и производили захват его конца тяговым устройством. Затем зажимали в зажиме проталкивающего устройства задний конец прутка и включали оба механизма – тянущий и проталкивающий, осуществляя волочение с подпором. Этим способом деформировали пруток, как с применением вибрации, так и при неподвижной волоке. Результаты экспериментов и расчетные значения силы подпора, тянущей силы и их соотношения, полученных по методике [5], представлены в таблице 1.

Основным показателем, определяющим уровень вносимой в очаг деформации энергии, а также преобладающую схему напряженно-деформированного состояния металла при волочении с подпором, является соотношение между силами подпора и волочения [6]. Для изучения влияния вибрационного нагружения очага деформации на соотношение между силами подпора и волочения поставлен специальный эксперимент по измерению сил в переднем и заднем концах прутка при волочении с подпором без нагрева через вибрирующую волоку (амплитуда 2,5 мм, частота колебаний 10 Гц).

Чтобы исключить влияния промежуточных вибромасс, могущих внести искажения в действительную картину нагружения, силоизмерительные датчики сопротивления были наклеены непосредственно на

пруток, находящийся в волоке. На передний и задний концы прутка были наклеены по 4 проволочных тензорезистора, образующие измерительные мосты. Измерение и регистрацию сил проводили с помощью серийной аппаратуры – усилителя 8АНЧ-7М и осциллографа Н-700.

Таблица 1 – Силовые параметры волочения с подпором

| №№ переходов   |                      | 1          | 2          | 3          |
|--|----------------------|------------|------------|------------|
| Диаметр прутка, мм   | $D_0$                | 16,0       | 14,0       | 12,75      |
|  | $D_1$                | 14,0       | 12,25      | 10,7       |
| Коэффициент вытяжки  |                      | 1,30       | 1,30       | 1,42       |
| Сила подпора, кН (данные: расчетные/ опытные)                    | без вибрации         | 30,2/ 33,0 | 23,2/ 25,6 | 17,8/ 20,0 |
|  | при вибрации матрицы | 28,5/ 30,1 | 21,9/ 23,1 | 16,8/ 18,0 |
| Относительное снижение силы подпора (данные: расчетные/ опытные) |                      | 5,6/ 8,8   | 5,6/ 9,8   | 5,6/ 10,0  |
| Тянущая сила, кН (данные: расчетные/ опытные)                    | без вибрации         | 23,2/ 25,0 | 17,8/ 19,1 | 13,7/ 15,0 |
|  | при вибрации матрицы | 21,9/ 20,8 | 16,8/ 15,4 | 12,9/ 12,3 |
| Относительное снижение тянущей силы (данные: расчетные/ опытные) |                      | 5,6/ 16,8  | 5,6/ 19,3  | 5,6/ 18,0  |
| Соотношение сил (данные: расчетные/ опытные)                     | без вибрации         | 1,30/ 1,32 | 1,30/ 1,34 | 1,30/ 1,33 |
|  | при вибрации матрицы | 1,30/ 1,45 | 1,30/ 1,50 | 1,30/ 1,46 |

Применение вибрации волокна при волочении с подпором резко изменяет соотношение между  $P_1$  и  $P_0$  в сторону его увеличения, что объясняется различным характером силового взаимодействия через прутки массивного проталкивателя и тягового органа, имеющего меньшую массу. В зафиксированный отрезок времени, проталкиватель работает в режиме антирезонанса (гасителя колебаний), а волочительное устройство, по мере увеличения длины переднего конца прутка (и следовательно, уменьшения его жесткости), приближается по своим пара-

метрам к околорезонансной области работы, характерной минимальным уровнем вынуждающей силы.

Чтобы исключить взаимозависимость колебательных систем проталкивателя и тянущего устройства и неизменность их параметров во времени нужно в установке для деформирования металла волочением и проталкиванием выполнить проталкиватель и тяговой орган в виде гусеничных 4 подающе-вытягивающих механизмов, деформирование прутка осуществлять двумя волоками, вибрирующими в противоположных фазах, размещенными в промежутке между подающе-вытягивающими механизмами.

### **Выводы.**

Анализ результатов исследования процесса волочения прутков с подпором показал, что экспериментально полученные значения проталкивающей и тянущей сил при виброволочении, а также соотношения между ними хорошо согласуются с расчетными их значениями. Кроме того установлено, что при соотношениях между силами подпора и волочения, близких к коэффициенту вытяжки, обеспечивается деформирование молибденовых прутков с высокими (1,3 – 1,4) коэффициентами вытяжки. Применение осевых колебаний волоки при волочении с подпором изменяет соотношение между силами в сторону уменьшения удельного веса работы, выполняемой силой волочения, что объясняется различными динамическими характеристиками проталкивающего и тянущего устройств.

### **Библиографический список**

1. Шаповал В.Н., Познанский В.И. *Определение технологических параметров процесса многоступенчатого вибрационного деформирования заготовок волочением и проталкиванием через монолитные матрицы.* – Вісник КДПУ. - 2006 Вип.5(40). – С. 59 - 63.

2. 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. – 352 с.

3. Шаповал В.Н. *Исследование рациональных схем деформирования тугоплавкой проволоки // Оптимизация технологических процессов при производстве радиоэлектронной аппаратуры.* – К.: Общ-во «Знание», 1975. – С. 32-33.

4. Шаповал В.Н., Колчин О.П., Шаповал А.Н. *Об оптимальном соотношении между тянущей и проталкивающей силами при волочении с подпором.* – *Получение и обработка тугоплавких металлов и сплавов. Научн. Труды / ВНИИТС. М.: Металлургия, 1987.* – С. 72-76.

5. Мороз Н.Н., Маркевич А.Г. Выбор соотношения между силами волочения и подпора при виброволочении. – Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Вып. 29 – Алчевск: ДонГТУ, 2009. – С. 252 – 261.

6. Шаповал В.Н., Колчин О.П., Шаповал А.Н. О волочении молибденовых прутков с подпором. – Цветные металлы, 1978. - №11. – С. 86-88.

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