

УДК 621.777

**Н. И. Бушуева**

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*buschuevan2013@yandex.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук Ю. Н. Логинов

## ВОЛОЧЕНИЕ МЕДНОЙ ПРОВОЛОКИ С УЧЕТОМ СКОРОСТНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРОЦЕССА

Рассмотрен процесс волочения медной проволоки на стане грубого волочения без скольжения с 14 проходами при учете скорости деформации. Отмечено, что скорость деформации возрастает по проходам с высокой степенью интенсивности, достигая высоких конечных значений. Соответственно, несмотря на характеристику процесса волочения как реализацию способа холодной деформации, может происходить скоростное упрочнение металла. Это обстоятельство должно быть учтено при расчете энергосиловых параметров процесса.

*Ключевые слова:* волочение, медь, медная проволока, скорость деформации, упрочнение материала

**N. I. Bushueva**

## DRAWING OF COPPER WIRE TAKING INTO ACCOUNT THE SPEED EFFECTS OF THE PROCESS

The process of drawing copper wire was reviewed on a mill of rough drawing without sliding with 14 passes taking into account the deformation rate. It is noted that the deformation rate increases along the passages with a high degree of intensity reaching high final values of the deformation rate. Accordingly, despite the characteristic of the drawing process as the carrying out method of cold deformation can occur the high-speed hardening of the metal. This circumstance should be taken into account when calculating the power parameters of the process.

*Key words:* drawing, copper, copper wire, strain rate, material hardening

**В**лияние скорости деформации при холодном деформировании является слабо изученной областью в отличие от процессов го-

рячей деформации. Актуальность изучения данной темы обуславливается состоянием технологического прогресса, обеспечивающим создание оборудования повышенной производительности [1]. Важно заметить, что в процессе холодной деформации рекристаллизации не происходит, а следовательно, стоит обратить внимание на процессы, связанные с явлением возврата. Если речь идет о высокоскоростной деформации, важно отметить, что она может сопровождаться двумя конкурирующими процессами — деформационным упрочнением и тепловым разупрочнением. В работе [2] отмечается, что отвод тепла из очага деформации при волочении может не произойти, правда, это касается стальной проволоки, у которой теплопроводность намного ниже, чем у медной. Результатом чего может служить тот факт, что тепловое разупрочнение может произойти быстрее, чем деформационное. Кроме того, деформация может локализоваться в небольшой области очага, где выделяется тепло, и не распространяться по всему объему деформируемой области.

В данной работе рассматривается производство медной проволоки, расположенное на промышленной площадке предприятия АО «Уралэлектромедь» в г. Верхней Пышме. Продукция производится из меди высокой чистоты марки М001. Процесс производства проволоки диаметром до 1 мм осуществляется на стане грубого волочения без скольжения MSM 85.

Изучен маршрут волочения проволоки диаметром 1,04 мм из катанки диаметром 8 мм. В соответствии с этим маршрутом была рассчитана скорость деформации по формуле:

$$\xi = \frac{6 \cdot \ln \lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(\lambda \cdot \sqrt{\lambda} - 1)} \cdot \vartheta_1,$$

где  $\lambda$  — коэффициент частной вытяжки;

$\alpha$  — полуугол волоки;

$d_1$  — диаметр проволоки после прохода;

$\vartheta_1$  — скорость выхода металла из инструмента.

Полученные значения скорости деформации представлены на рисунке.

Анализируя полученную зависимость, можно сделать вывод о том, что она не линейна, нарастание скорости деформации происходит очень интенсивно, что объясняется действием одновременно двух факторов: возрастанием линейной скорости и уменьшением диаметра.

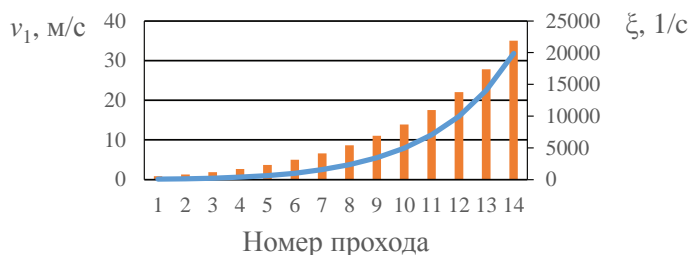


Рис. Распределение по проходам скорости деформации  $\xi$  (кривая по точкам проходов) и скорости волочения  $v_1$  (темные столбцы)

Здесь сказывается влияние конструкции волочильного стана. Для такой кинематической схемы необходимо обеспечить условие постоянства секундных объемов, что желательно, но не обязательно для стан-ов магазинного типа.

В работе [3] был проведен анализ полей распределения скоростей деформации в зависимости от угла конической зоны. В результате было выявлено, что при увеличении угла конусности деформация проволоки происходит преимущественно в поверхностных слоях. Это приводит к тому, что поверхностные слои упрочняются больше по сравнению с центральными. При повышении скорости волочения необходимо учитывать не только значение скорости деформации, но и характер ее распределения, так как именно распределение скорости деформации в конической зоне волокна формирует равномерность напряженно-деформированного состояния по сечению проволоки. По итогу проведенных экспериментов авторами статьи [3] было установлено, что использование волок с уменьшенным углом конической зоны снижает сопротивление деформации.

В некоторых работах [4; 5] указывается на то, что скорость деформации влияет также на формирование текстуры металла, что может сказываться на прочностных и пластических свойствах деформируемого металла.

### Литература

1. Влияние скорости деформации на свойства электротехнической меди / Ю. Н. Логинов [и др.] // Металлы. 2011. № 2. С. 31–39.
2. Харитонов В. А., Голивинин С. М. Особенности высокоскоростной деформации при волочении проволоки // Моделирование и развитие процессов ОМД. 2014. № 20. С. 71–76.

3. Авсейков С. В., Бобарикин Ю.Л. Влияние скорости деформации на сопротивление пластическому деформированию углеродистой латунированной проволоки в процессе тонкого волочения // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2013. № 3. С. 25–31.

4. Расчет деформаций и экспериментальное исследование текстуры в нагартованной медной проволоке / Ю. Н. Логинов [и др.] // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 5. С. 38–44.

5. Bhattacharyya A., Rittel D., Ravichandran G. Effect of strain rate on deformation texture in OFHC copper // Scripta Materialia. 2005. V. 52. P. 657–661.