

3) сравнительный анализ энергосиловых и температурных параметров волочения и определение эффективности применения вращающихся волок.

Объектом исследования являются параметры процесса волочения в 1-м и 6-м проходах стана многократного волочения магазинного типа UDZSA 2500/6 (рис. 1) цеха предварительного волочения ОАО «Речицкий метизный завод».

В качестве волочильного инструмента используются твердосплавные заготовки, которые затем обрабатываются в заводской мастерской в соответствии с действующей технологической инструкцией. На заводе принята практика использования волок с одной схемой геометрии основных зон рабочего канала (рис. 1, а и б) для всего маршрута волочения проволоки. Требуемые углы и размеры рабочих зон волок обеспечиваются шлифованием отверстий специальными иглами с абразивным порошком.

На заводе имеется значительный резерв увеличения стойкости волок, стоимость которых составляет от 2,3 до 4,2 долл. США за тонну, а общий расход в год достигает 80 тыс. долл. США. Нормативный расход волок по предприятию – 0,32 волокна на тонну протянутой через нее проволоки, т. е. в среднем на одной волоке протягивается 3 т проволоки до ухода ее линейных размеров (диаметра) на 0,25 мм. В то же время имеют место факты протяжки на одной волоке до 8 т проволоки.

Анализ работы волочильного инструмента показал, что основными причинами такого большого разброса стойкости инструмента являются [1]–[2]:

1) неравномерность деформации в крайних проходах из-за применения размоточно-намоточных устройств приводит к местному износу волок по плоскости перегиба проволоки (рис. 2, в);

2) недостаточное охлаждение волок приводит к эксплуатации твердосплавного инструмента на повышенных температурах и к повышенному износу рабочих поверхностей;

3) качество и точность геометрии (наплывы, заусеницы, овальность и т. п.) увеличивают усилия волочения, повышение неравномерности износа инструмента и овальность готовой проволоки;

4) зависание смазки в мыльнице приводит к неравномерности смазки повышению трения в очаге деформации и повышенному износу твердосплавного инструмента.

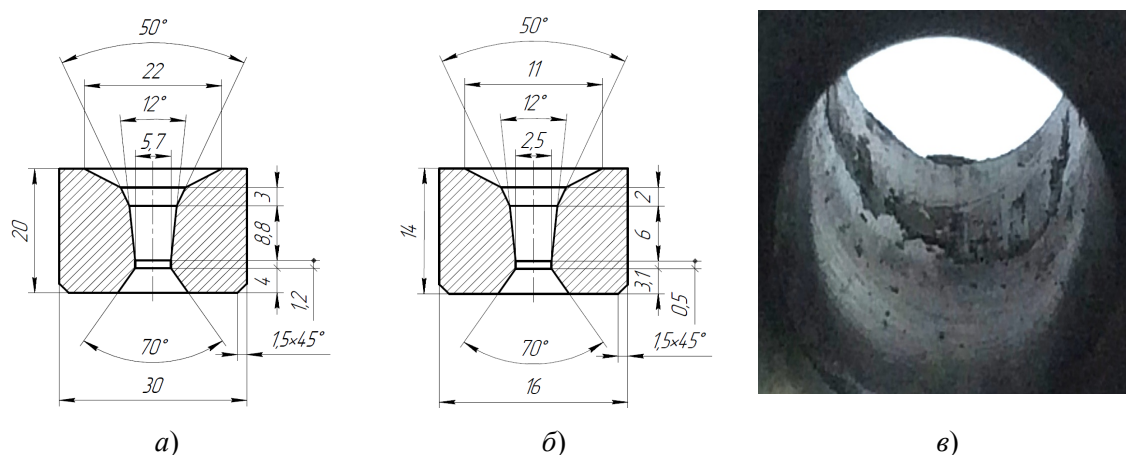


Рис. 1. Геометрия и износ волок 1-го и 6-го проходов:
а – геометрия волокна 1-го прохода; б – геометрия волокна 6-го прохода;
в – износ волокна 1-го прохода

Деформация при волочении преимущественно происходит в результате действия радиальных и тангенциальных сжимающих напряжений, возникающих в материале благодаря действию нормальной силы, но при этом в очаге деформации постоянно действуют растягивающие напряжения, создаваемые усилием волочения [3]. И. Л. Перлин [4] показал, что при вращении волокна вокруг своей оси происходит снижение усилия волочения. На основе эффекта клина, который создается от угла волочения и угла трения (при достаточной смазке), соотношение силы волочения и нормальной силы меняется от 1 : 4 до 1 : 7, т. е. нормальная сила равняется 4-, 7-кратному усилию волочения [5]. Поэтому применение вращения волокна позволяет изменить схему напряженно-деформированного состояния в очаге деформации и дать следующие положительные результаты:

- активное охлаждение рабочей волокна интенсифицирует теплообмен в узле деформации, что приведет к снижению рабочей температуры волокна и соответственно многократному увеличению ее стойкости;
- полностью ликвидировать такой дефект готовой проволоки, как овальность;
- снизить трение в очаге деформации и соответственно уменьшить усилие волочения, уменьшить энергопотребление двигателем тянущего барабана и увеличить стойкость волокна.

Эффективность применения вращающихся волокон напрямую связана с частотой их вращения и диаметром проволоки. Эти параметры процесса определяют степень смещения направления вектора сил трения в очаге деформации. Исследование эффективности применения вращения волокна на очаг деформации будет состоять из следующих этапов:

- разработка базовой численной модели процесса волочения в 1-м и 6-м проходах без вращения волокон;
- проведение численных экспериментов процесса волочения с разной частотой вращения волокон в 1-м и 6-м проходах;
- сравнительный анализ полученных результатов.

На первом этапе была построена базовая численная модель по исходным данным параметров действующего технологического процесса волочения проволоки для производства шурупов из исходной заготовки $d_3 = 6,5$ мм (сталь Ст1сп), представленных в табл. 1.

Таблица 1

Штатные параметры волочения на стане UDZSA 2500/6

Номер прохода	Диаметр волокна d_k , мм	Скорость волочения V , м/с	Коэффициент вытяжки λ	Частное обжатие ε , %	Частота вращения барабана n_6 , об/мин	Усилие волочения P_v , кН	Мощность волочения N_v , кВт
1	5,70	1,92	1,300	23,1	66,67	6,165	15,27
2	4,70	2,83	1,471	32,0	98,27	5,803	21,10
3	4,00	3,91	1,381	27,6	135,77	4,113	20,65
4	3,34	5,57	1,426	29,9	193,42	3,318	23,69
5	2,80	7,98	1,431	30,1	277,10	2,560	26,15
6	2,50	10,00	1,254	20,3	347,25	1,675	21,46

Моделирование проводилось в программном пакете SimufactForming 15 с наложением на заготовку сетки конечных элементов с размером ячейки 2 мм. После

построения и выполнения расчетов численных моделей получены следующие результаты численных экспериментов (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты численных экспериментов процесса волочения
в 1-м и 6-м проходах стана UDZSA 2500/6**

1-й проход				
Частота вращения волоки n_b , об/мин	0	20	100	500
Усилие волочения P_b , кН	5,47	5,33	5,23	5,17
Температура на контактной поверхности T_k , °C	295,20	347,64	216,95	223,33
6-й проход				
Частота вращения волоки n_b , об/мин	0	500	2000	3500
Усилие волочения P_b , кН	0,72	0,82	0,67	0,51
Температура на контактной поверхности T_k , °C	124,27	141,67	109,89	111,76

Таким образом можно делать следующие выводы:

1. Оптимальным диапазоном вращения волоки для 1-го прохода является $n_b = 100–500$ об/мин, однако более равномерное распределение температур по контактной поверхности и сечению проволоки достигается при 450–500 об/мин.

2. Оптимальным диапазоном вращения волоки для 6-го прохода является $n_b = 1500–2500$ об/мин; более равномерное распределение температур по контактной поверхности и сечению проволоки, снижение силовой нагрузки достигается при 1900–2100 об/мин.

3. Применение вращения волок для снижения температуры контактной поверхности проволоки с целью предотвращения самоотпуска целесообразно только на 1-м проходе, на 6-м проходе частоты вращения слишком велики.

4. Эффективность вращения волоки в 6-м проходе ограничивается достижением равномерного износа и исключением овальности проволоки, для этого достаточно частоты вращения $n_b = 15–25$ об/мин.

Л и т е р а т у р а

1. Астапенко, И. В. Оборудование волочильных и канатных цехов : пособие по курсу «Оборудование метизных цехов» для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка материалов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 55 с.
2. Применение вращающейся волоки в метизном производстве РУП «Речицкий метизный завод» / В. И. Тимошпольский [и др.] // Литье и металлургия. – 2006. – № 2-2 (38).
3. Schneider, F. Stahldraht. Herstellung und Anwendung / F. Schneider, G. Lang // VEB. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. – Leipzig, 1973. – 585 с.
4. Перлин, И. Л. Теория волочения / И. Л. Перлин, М. З. Ерманок. – М. : Металлургия, 1971. – 447 с.
5. Харитонов, В. А. Влияние кручения при волочении круглой проволоки в монолитной волоке / В. А. Харитонов, М. Ю. Усанов // Моделирование и развитие процессов ОМД. – 2015. – № 21. – С. 82–88.