

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПОРНЫХ ВОЛОК В ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНАХ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ

С. И. Прач

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Напорные волокна используются как инструмент в волочильном производстве проволоки и прутков. Напорные волокна обеспечивают принудительную подачу смазки в зону деформации волокна и снижение трения и усилия деформации при протягивании проволоки через эту волоку. В результате эффективность волочения повышается за счет снижения энергопотребления и износа волокна.

Напорные волокна получили распространение в процессах сухого волочения, где используются сухие порошкообразные смазки. Принцип работы напорной волокна состоит в нагнетании смазки в зоне деформации в результате избыточного давления смазки в напорной зоне перед волокой. Напорная зона представляет собой узкий канал между проволокой и напорной вставкой. Избыточное давление создается за счет увлечения смазки проволокой в зону деформации. Геометрия узкого канала волокна и степень вязкости смазки определяют величину избыточного давления.

В качестве напорного элемента применяют напорную трубку, внутри которой движется проволока. Геометрия узкого канала определяется зазором между трубкой и проволокой и длиной этой трубки.

Для расширения области применения напорных волокон было предложено их использование для мокрого волочения, где применяют не сухие, а жидкие смазки. Сдерживающим фактором использования этих волокон является низкая вязкость жидкостей.

Например, Колмогоров рассматривает процесс волочения в режиме гидростатического трения, проводит исследование влияния размера зазора  $h$ , длины напорных труб  $l$  и скорости волочения  $v_0$  на развиваемое давление.

Для волочения в режиме гидродинамического трения применяются напорные трубки-насадки (рис. 1). Смазка увлекается движущимся изделием в зазор между поверхностью изделия и насадки, смазка нагнетается в зону деформации, при определенном давлении смазки трущиеся поверхности в зоне деформации разделяются. Для получения высоких давлений применяемые величины зазоров незначительны, поэтому можно считать течение плоским.

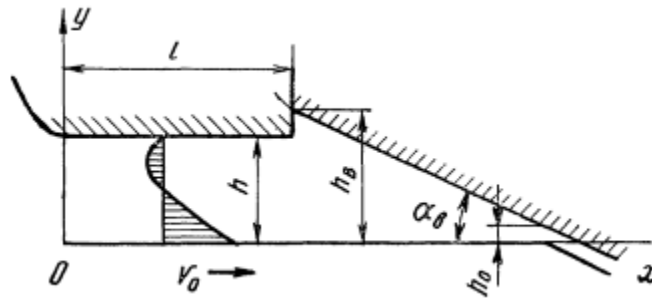


Рис. 1. Схема расчета течения смазки в напорной трубке-насадке

При расчете инструмента для волочения в режиме гидродинамического трения были получены уравнения для расчета давления на входе  $p_1$  и на выходе  $p_2$  напорной трубки для высокоскоростного волочения (рис. 2):

$$p_1 = \frac{\sigma \mu v_0 l}{h^2 (1 - 2q)}; \tag{1}$$

$$p_2 = -\frac{1}{\alpha} \ln(1 - p_1 \alpha). \tag{2}$$

С использованием формул (1) и (2) показано влияние основных факторов процесса гидродинамического волочения ( $l$ ,  $v_0$ ,  $h$ ,  $\mu_0$ ) на развиваемое насадкой давление (рис. 3). С увеличением скорости  $v_0$  наблюдается рост давления смазки (рис. 3, а). Рост скоростей волочения и длин напорных трубок-насадок вызывает увеличение температуры смазки в насадке. Разогрев будет больше при использовании более вязкой смазки.

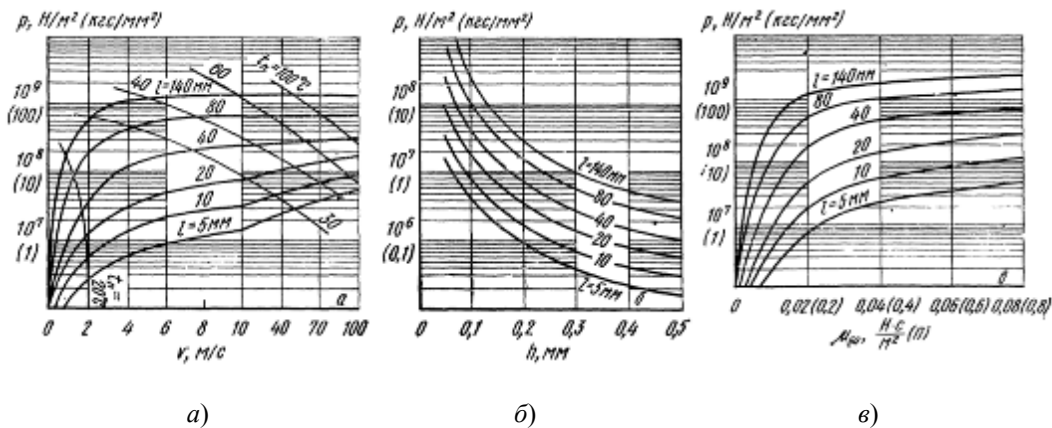


Рис. 3. Анализ нагнетающей способности насадок при использовании жидких смазок:  
 а – влияние скорости волочения и длины насадок; б – роль величины зазора;  
 в – влияние вязкости смазки

Увеличение зазора  $h$  вызывает значительное падение развиваемого давления (рис. 3, б). Для достижения высоких давлений при больших величинах зазора требуется значительная длина напорных трубок.

На рис. 3, в показано влияние вязкости применяемой смазки при  $l = 50$  °С для  $v = 5,0$  м/с на развиваемое насадкой давление. С увеличением вязкости давление смазки в насадке растет. При этом нужно учитывать, что с увеличением вязкости охлаждающая способность смазки снижается.

Значительное влияние имеет температура входящей проволоки на развиваемое давление – с увеличением  $t_0$  нагнетающая способность падает. Повышение же  $t_0$  до 100 °С приводит к падению давления в несколько десятков раз. Это объясняется уменьшением вязкости с температурой. Следовательно, для обеспечения гидродинамического трения при волочении на жидких смазках первостепенное значение имеет охлаждение проволоки на барабанах волочильной машины, при этом машины мокрого волочения предпочтительнее из-за более эффективного охлаждения. Одним из достоинств применения жидких смазок при волочении является их высокая охлаждающая способность по сравнению с охлаждающей способностью воздуха на машинах сухого волочения.

Дальнейшие исследования процесса волочения стальной латунированной проволоки, используемой для свивки металлокорда, показали, что для увеличения качества получаемой проволоки путем повышения ее пластических свойств необходимо принять меры по снижению коэффициента контактного трения при волочении. Для этой цели проанализирована контактная зона волокна с проволокой.

При волочении особое внимание было обращено на контактное трение между проволокой и деформирующей волокой при волочении, снижение которого способствует повышению качества получаемого изделия и уменьшению энергопотребления процесса и износа валок. Для снижения контактного трения смазочная пленка, образующаяся на проволоке в процессе волочения, не должна иметь уменьшения толщины или разрывов. Вследствие последнего снижается качество поверхности проволоки из-за наличия волосовин, царапин, повышается вероятность обрыва проволоки при волочении, уменьшается скорость волочения и уменьшается износостойкость волокна.

Чтобы добиться равномерного смазочного слоя, используется инструмент для волочения проволоки, представленный на рис. 4, включающий корпус 1, деформирующую волоку 2, напорную волоку 3, содержащий кольцо 4 и эластичный кольцевой уплотнитель 5, установленный между напорной волокой и корпусом для создания нежесткого закрепления напорной волокна, который обеспечивает повышение вибростойкости устройства и обеспечивает сбалансированное состояние между волокой и проволокой 6, снижающее величину контактного трения между ними. Эластичный кольцевой уплотнитель снижает вибрацию проволоки, что также позволяет уменьшить количество ее обрывов во время волочения. Кроме того, устанавливается величина зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волокна, равная 11–12 % от диаметра проволоки на входе в напорную волоку, гарантирующая непрерывное обеспечение эффективного экранирующего слоя волочильной смазки за счет ее стабильной подачи в очаг деформации. Это обеспечивает повышение давления между напорной и деформирующей волоками, что приводит к принудительной подаче эмульсии к деформирующей волоке и снижению усилия волочения, повышению стойкости деформирующих волок.

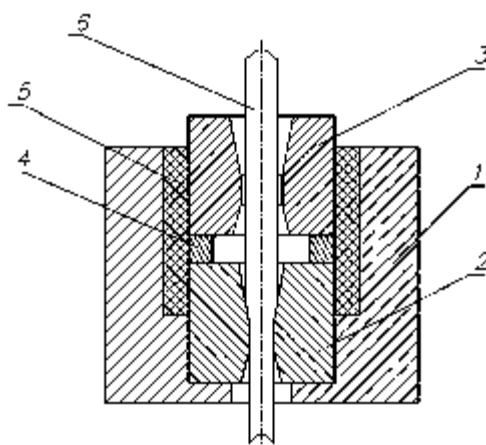


Рис. 1. Инструмент для волочения проволоки:  
 1 – корпус; 2 – деформирующая волока; 3 – напорная волока;  
 4 – кольцо, 5 – уплотнение; 6 – проволока

Были проведены эксперименты по определению величины оптимального зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волоки, результаты которых представлены в таблице.

#### Зависимость зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волоки и усилием волочения

Зазор между проволокой и внутренним каналом напорной волоки, в % от диаметра проволоки на входе в напорную волоку	Усилие волочения со скоростью 0,26 м/с для перехода диаметров проволоки с 2,01 на 1,821 мм
9	1575
10	1480
11	1382
12	1390
13	1488
14	1510

Анализ таблицы указывает на наличие эффекта снижения усилия при величине оптимального зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волоки, равной 11–12 % от диаметра проволоки на входе в напорную волоку. Снижение усилия волочения может быть обосновано устойчивой подачей водоэмульсионной смазки к деформирующей волоке. Увеличение или уменьшение зазора приводит к возрастанию усилия волочения.