



*It is shown that using of forcing dies at RUP «BMZ» for high-speed wire drawing in regime of hydrodynamic friction improves the quality of lubrication, and correspondingly fastness of dies incl. finishing ones is increased.*

Д. Г. САЧАВА, А. В. ДЕМИДОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАПОРНЫХ ВОЛОК НА РУП «БМЗ» ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВОЛОЧЕНИЯ В РЕЖИМЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ

Традиционный процесс волочения заключается в протягивании проволочной заготовки через отверстие волоки конической формы, при этом порядка 20–30% работы волочения затрачивается на преодоление сил трения между проволокой и поверхностью волочильного инструмента. При протяжке проволоки через одинарную волоку (традиционный способ волочения) даже при применении высокоэффективных смазок на поверхности контакта проволоки с волокой присутствуют значительные усилия трения. Достигается так называемый граничный режим трения. При граничном трении неизбежен износ волочильного инструмента, требуется дополнительный расход электроэнергии на преодоление сил трения. Усилие волочения ограничивает максимальную скорость волочения и величину деформации за проход, снижая, тем самым, производительность волочильного оборудования, так как разогрев проволоки и инструмента тем больше, чем выше скорость волочения.

Для снижения силы трения при сухом волочении используют различные приспособления, цель которых – обеспечить принудительную подачу сухой смазки в очаг деформации проволоки при волочении. Наиболее простой и распространенный способ улучшения условий смазки волоки в области контакта с проволокой – использование напорных волок. При оптимальном выборе основных параметров волочения (геометрии напорной волоки, смазки, величины обжатия и скорости проволоки) использование напорной волоки позволяет реализовать режим гидродинамического трения, где смазка полностью разделяет трущиеся поверхности: поверхность проволоки и поверхность волоки. Использование напорных волок способствует существенному увеличению продолжительности

их работы, снижению затрат на электроэнергию, более равномерному распределению температур по сечению проволоки, уменьшению обрывности и повышению производительности путем уменьшения потерь времени на замену износившегося инструмента.

Напорные волоки применяются в мировой индустрии на протяжении уже более 80 лет. За это время использовались различные типы волок и было выдано множество патентов. Все системы используют металлический корпус для размещения напорной и рабочей волок, которые в свою очередь размещаются в конических втулках, просты для использования и способны обеспечить волочение проволоки со смазкой под давлением. В качестве напорной волоки используют волоку, у которой внутренний диаметр немного больше диаметра протягиваемой проволоки (рис. 1).

Режим гидродинамического трения, обеспечивающий полное разделение трущихся поверхно-

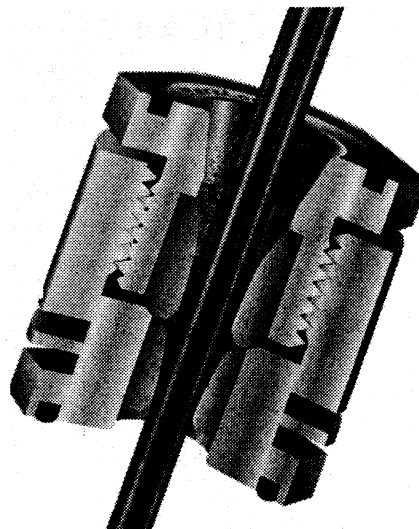


Рис. 1. Напорная волока в разрезе

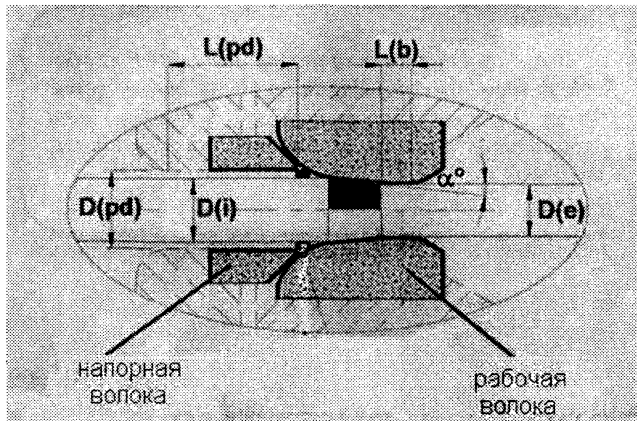


Рис. 2. Параметры геометрии напорной волоки

стей, обеспечивается следующим образом: заготовка проходит через полость напорной волоки и вытягивается из нее через рабочую волоку. Смазка за счет сил адгезии к поверхности обрабатываемого материала и когезионного взаимодействия частиц захватывается шероховатой поверхностью заготовки и нагнетается в полость. Движению смазки в сторону, противоположную движению заготовки, противодействуют силы контактного трения, возникающие на поверхности канала напорной волоки. За счет касательных напряжений, действующих на границах слоя интенсивного течения, давление смазки повышается и достигает максимального значения на входе в рабочую волоку. По мере движения заготовки смазка заполняет шероховатости поверхности и между трущимися поверхностями заготовка – рабочая волока образуется слой смазки, толщина которого соизмерима с глубиной впадин шероховатости поверхности заготовки.

Величина давления смазки рассчитывается исходя из геометрических параметров напорной и рабочей части волоки (рис. 2).

Сила давления смазки, создаваемого в напорной камере, зависит от нескольких факторов:

$$P = \frac{L_{(pd)} R(\%) \Delta^f V F_s L_{(b)} K C(\%)}{(D_{(pd)} - D_{(i)}) T^y},$$

где  $P$  – давление смазки, создаваемое в напорной камере;  $R$  – процент обжатия;  $\Delta^f$  – дельта коэффициент, применяемый для разных углов обжатия;  $V$  – скорость волочения;  $F_s$  – коэффициент, относящийся к состоянию поверхности с учетом типа покрытия, жесткости и т. д.;  $L_{(b)}$  – несущая (рабочая) длина;  $K$  – коэффициент, связанный со свойствами смазки;  $D_{(pd)}$  – диаметр напорной волоки;  $D_{(i)}$ ,  $D_{(e)}$  – соответственно диаметр проволоки на входе и выходе;  $\alpha^o$  – половина угла обжатия;  $T^y$  – температура в напорной камере;  $C$  – процентное содержание углерода.

Из уравнения видно, что формируемое давление в напорных волоках повышается с увеличением длины напорной волоки, рабочей длины, обжатия, угла обжатия, шероховатости поверхности проволоки и с уменьшением ширины зазора.

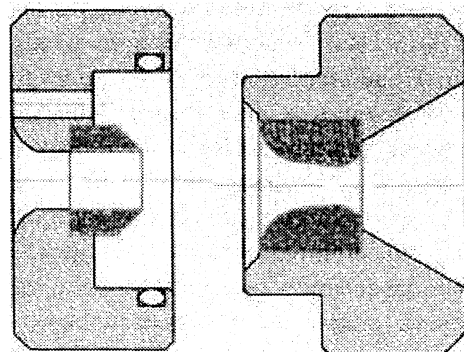
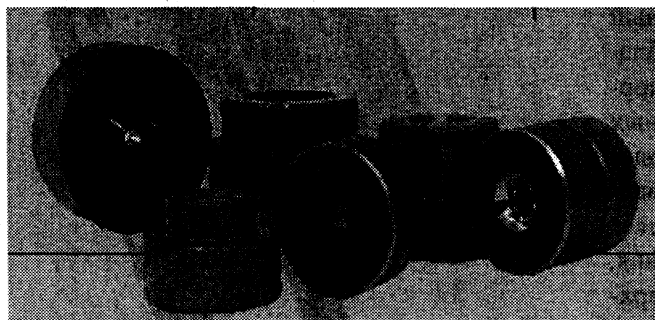
Для эффективной работы и достижения определенной выгоды напорные волоки должны быть разработаны и изготовлены с размерами, соответствующими каждому конкретному случаю применения.

С 2007 г. в условиях работы РУП «БМЗ» продолжают испытания напорных волок фирмы «VASSENA» (Италия) (рис. 3).

Преимущества использования системы напорных волок «VASSENA» по сравнению с другими аналогичными компактными напорными волоками состоят в следующем.

1. Компактная напорная волока, состоит всего из двух частей. В первой части установлена напорная вставка, во второй – волочильная вставка. Обе вставки изготовлены из карбида вольфрама.

2. Герметичное уплотнение достигается благодаря тесному коническому контакту между напорной и волочильной вставками.



Напорная волока      Рабочая волока

Рис. 3. Напорные волоки фирмы «VASSENA» (Италия)

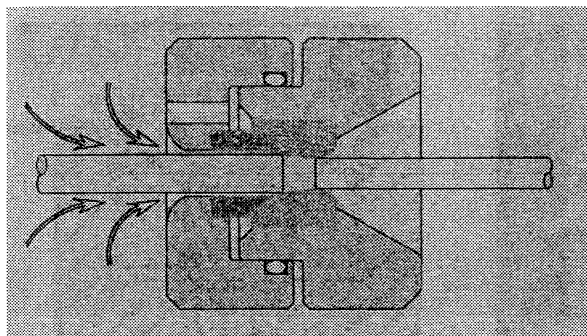


Рис. 4. Напорная волока в сборе (в разрезе)

3. Волоочильная вставка прочно запрессована в корпус, что сделано специально для предотвращения вибрации, в результате которой происходит поломка вставки.

4. При превышении давления или нарушении герметичности системы, находящейся под давлением, излишки смазки будут направляться обратно в мыльницу через отверстие, находящееся в напорной волоке.

5. Сборка и разборка волоки осуществляются очень быстро и легко и могут выполняться оператором без потери времени и использования специального инструмента.

6. Перешлифовка отработанных волок не требует специального оборудования или приспособлений, так как напорная и рабочая части имеют стандартный внешний диаметр 43 мм.

На рис. 4 показана волока во время работы (в разрезе).

Фактический диаметр напорной вставки превышал диаметр протягиваемой проволоки на входе в волоку на 0,57–0,90 мм. В сравнении с напорными волоками других производителей величина зазора между проволокой и напорной вставкой относительно велика.

Испытание напорной волоки проводили в СтПЦ-3 на модернизированных станах «Sket» с механическим удалением окалины знакопеременным изгибом с тонкой очисткой поверхности катанки. С использованием сухой смазки при наработке арматурной проволоки диаметром 5 мм продолжительность работы волоки составила 3,5 сут при средней производительности в смену 13 т, что в 2–3 раза превышает стойкость волок традиционной конструкции. При волочении наблюдали выдавливание в большом количестве смазки из сборной волоки. Свободное пространство между напорной и рабочей вставкой в процессе работы часто плотно забивалось спекшейся смазкой с остатками окалины. Высокое давление смазки привело к преждевременному выходу из строя двух напорных вставок из-за деформации металлической

оправки – выдавливанию твердосплавной напорной вставки.

Испытания волок фирмы «VASSENA» были продолжены в СтПЦ-1 и СтПЦ-2 при волочении высокоуглеродистой катанки диаметром 5,5 мм из стали марки 70/80 с химическим травлением и бурением. Были испытаны следующие маршруты волочения:

1-й маршрут – диаметр 5,5 → диаметр 1,60 мм, скорость проволоки на намотке 17 м/с.

Согласно НД, продолжительность работы маршрута 90 ч. Продолжительность работы маршрута с напорными волоками составила 130–150 ч.

2-й маршрут – диаметр 5,5 → диаметр 1,77 мм, скорость проволоки на намотке 18 м/с.

По НД, продолжительность работы маршрута 150 ч. У трех опробованных маршрутов с напорными волоками продолжительность работы составила 195, 265 и 370 ч.

3-й маршрут – диаметр 5,5 → диаметр 3,02 мм (перешлифованные волоки), скорость проволоки на намотке 10,5 м/с.

Вместо предусмотренных НД 70 ч продолжительность работы маршрута составила 260 ч.

Количество остаточной смазки на заготовке после волочения в среднем несколько выше обычного (единичные значения составили 0,36–0,84 г/м<sup>2</sup>). Удельная масса остаточной смазки на заготовке, протягиваемой на традиционных волоках, составляет порядка 0,10–0,40 г/м<sup>2</sup> (весовой метод анализа).

В отличие от испытаний на катанке с механическим удалением окалины внутри отработанных волок не происходило скопления смазки – в свободном пространстве между напорной и рабочей вставкой было лишь небольшое количество непрессованной сухой смазки.

Приблизительно 90% отработанных напорных волок (в основном начало и середина маршрута) были пригодны для последующей перешлифовки и повторного использования. Использование напорных волок увеличивает продолжительность работы маршрута при волочении высокоуглеродистой катанки с предварительным химическим удалением окалины в 2–4 раза.

В августе 2007 г. в СтПЦ-3 при наработке гвоздевой проволоки диаметром 2,75–2,80 мм проводили испытания напорных волок французской фирмы «PARAMOUNT» (рис. 5). Разница диаметров между проволокой и напорной вставкой у исследованных волок составляет от 0,15 мм (для проволоки диаметром около 1,73 мм) до 0,34 мм (для проволоки диаметром 4,32 мм).

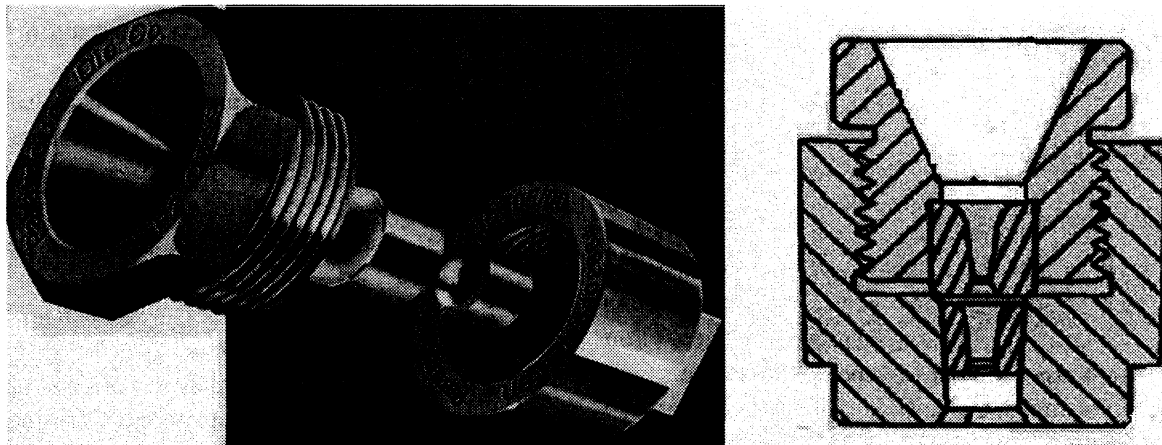


Рис. 5. Напорная волока фирмы «PARAMOUNT» (Франция)

Преимущество напорных волок конструкции – стандартные геометрические размеры (диаметр 43 мм, высота оправки 31 мм), при этом не требуется переделка зажимной гайки волокодержателя.

Недостаток – требуется специальная оправка для перешлифовки конических твердосплавных вставок. Волоки испытывали при волочении низкоуглеродистой катанки с механическим удалением окалины и показали высокую эффективность. Общее количество наработанной продукции составило 108 т (вместо обычных 20–40 т).

#### Выводы

Использование напорных волок на РУП «БМЗ» позволяет решить ряд проблем, которые возникают при действующей технологии.

1. Низкая технологичность волочения вследствие плохого состояния катанки с механическим удалением окалины. При использовании напорных волок качество поверхности катанки не имеет особого значения, так как поверхность проволоки и поверхность волоки фактически не контактируют, разделенные пленкой смазки.

2. Повышенный износ чистовых волок. При использовании напорных волок улучшается каче-

ство подачи смазки, соответственно увеличивается стойкость волок, в том числе и чистовых.

При волочении наблюдали выдавливание в большом количестве смазки из второй сборной волоки. Это свидетельствует о том, что сборные волоки эффективно работают.

Для стабильной работы напорных волок на РУП «БМЗ» необходимо изменить посадочную часть зажимной гайки волокодержателя (для волок «VASSENA»); необходима правильная сборка волок и определенное усилие при зажиме гайки, т. е. сборка должна производиться специальным инструментом (для волок фирмы «PARAMOUNT»); необходимо улучшение качества тонкой очистки поверхности катанки (для механического удаления окалины). Остатки окалины способствуют забиванию свободного пространства внутри составной волоки, что приводит к снижению эффективности ее работы и в отдельных случаях к необратимому выходу волоки из строя из-за деформации оправки.

Запланированные мероприятия приведут к оптимальному увеличению срока службы инструмента и положительно скажутся на производственных и экономических показателях предприятия.