

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОДАЧА СМАЗКИ

HYDRODYNAMIC SUPPLY OF THE LUBRICANT

Г.Л. Колмогоров
ПГТУ, Пермь

История гидродинамической подачи смазки начинается с 50-х годов прошлого века, когда английские ученые Кристоферсон и Найлор применили при производстве проволоки напорные трубки, установленные перед рабочей волокой. Напорные трубки нагнетали смазку под давлением в очаг деформации, обеспечивая разделение поверхностей инструмента и протягиваемого изделия. При этом значительно улучшились показатели процесса волочения, главным образом достигалось снижение усилия волочения. Недостатком примененных напорных трубок была их большая длина из-за низкой вязкости применяемой в экспериментах смазки минеральным маслом. По этой причине напорные трубки не нашли применение в промышленности.

Эффект нагнетания смазки в очаг деформации был использован в 60-е годы в Уральском научно-исследовательском институте черных металлов (г. Свердловск) в отделе обработки металлов давлением, руководителем которого был В.Л. Колмогоров. Под его руководством сотрудниками УНИИЧМ была создана так называемая сборная волока, включающая кроме рабочей волоки напорную волоку, играющую роль нагнетателя смазки в зону деформации. Отказ от использования напорных труб оказался возможным при использовании в качестве смазки порошка натриевого мыла, который широко применяется при производстве стальной проволоки. Мыльный порошок проявил высокую «эффективную» вязкость и его применение дало возможность значительно снизить коэффициент трения при волочении, обеспечить улучшение основных показателей процесса волочения: энергетические затраты на волочение, существенно повысить стойкость волоки, снизить обрывность при волочении.

Сборная волока конструкции УНИИЧМ оказалась очень удачной. Она сочетала высокую прочность, что особенно важно при производстве высокоуглеродистой проволоки и герметичность рабочей зоны, давление смазки в которой соизмеримо с сопротивлением деформации протягиваемой проволоки.

Сборная волока в настоящее время приводится практически во всех учебниках по обработке металлов давлением в разделе, посвященном волочению. Сборная волока нашла широкое применение в промышленности. Практически все металлургические предприятия, имеющие в своем составе волочильное производство, внедрили сборные волоки. Технология волочения в режиме

гидродинамической смазки была продана по лицензии в Японию.

Параллельно с внедрением сборной волоки на металлургических предприятиях развивалась теория гидродинамической смазки применительно к сборной волоке. Для описания реологии порошкообразной мыльной смазки была предложена модель в форме степенной функции

$$T = AH^B, \quad (1)$$

где T и H – интенсивность касательных напряжений и скоростей сдвига в слое смазки соответственно; A и B – эмпирические коэффициенты.

Для релогической модели (1) была создана теория течения смазки в напорных устройствах.

По результатам теоретических исследований в 1967 году издательством «Металлургия» была опубликована монография В.Л. Колмогоров, К.П., Селищев С.И. Орлов «Волочение в режиме жидкостного трения».

В 1964 году поступив в аспирантуру Пермского политехнического института, автор данной статьи начал свою научную биографию в сотрудничестве со старшим братом. В этом году из Уральского политехнического института им. С.М. Кирова в Пермь переехал профессор кафедры обработки металлов давлением Поздеев Александр Александрович, организовав в Пермском политехническом институте кафедру Динамики и прочности машин. Автор данной статьи после окончания кафедры ОМД в 1962 году работал по распределению в Уральском политехникуме.

Следует отметить, что наша семья жила в Перми, поэтому переезд в Пермь А.А. Поздеева оказался очень кстати. Посоветовавшись со старшим братом я поступил в аспирантуру Пермского политехнического института. Для работы над диссертацией меня привлек к научной работе старший брат по тематике работ отдела обработки металлов давлением. Годы аспирантуры оказались плодотворными по созданию научных основ гидродинамической смазки. В это время появился термин гидродинамическая подача смазки в отличие от гидростатического ввода смазки под давлением в зону деформации.

Для описания нелогического поведения порошкообразной смазки была предложена модель вязко-статической сферы.

$$T = A + BH, \quad (2)$$

где A – предельное напряжение сдвига смазки; B – пластическая вязкость – аналог динамической вязкости ньютоновской среды.

Использование модели (2) позволило объяснить ряд эффектов, связанных с диссипацией

энергии в слое смазки, приводящей к разогреву у смазки и снижению нагнетающей способности напорных трубок-насадок. Были определены зависимости $A(p, t)$, (p, t) , позволяющие выполнять технологические расчеты.

С использованием модели (2) была решена задача о нагнетающей способности напорных трубок-насадок. Характерным для среды (2) оказалось наличие пяти различных схем течения смазки в зависимости от условий волочения. Было показано влияние длины нагнетающих устройств и величины зазора между внутренней поверхностью напорных трубок и протягиваемой проволоки на развиваемое давление.

Параллельно развивалась теория гидродинамической смазки для ньютоновской среды

$$T = \mu H. \quad (3)$$

Динамическая вязкость большинства смазок, применяемых в процессах обработки металлов давлением, в значительной степени зависит от температуры и давления в слое смазки

$$\mu = \mu_0(t) \cdot \exp(\alpha p), \quad (4)$$

где α – пьезокэффициент вязкости, μ_0 – вязкость смазки при атмосферном давлении.

При создании теории гидродинамической смазки были получены методики расчета толщины слоя смазки в зоне деформации, условием достижения режима жидкостного трения при этом является превышение толщины слоя смазки к началу зоны деформации суммарной высоты микронеровностей протягиваемой заготовки и технологического инструмента

$$h_0 \geq R_z^3 + R_z^u. \quad (5)$$

При волочении как правило $R_z^3 \geq R_z^u$, поэтому условие (5) принимает вид

$$h_0 \geq R_z^3. \quad (6)$$

Анализ гидродинамических условий смазки позволил объяснить закономерности применения технологических смазок при волочении. Так в случае волочения при отсутствии насадки толщина слоя смазки к началу деформации составляет

$$h_0 = \frac{3\alpha\mu_0 v_0}{\operatorname{tg}\alpha(1 - e^{-\alpha(\sigma_s - \sigma_0)})}, \quad (7)$$

где V_0 – скорость волочения, α – угол наклона образующей рабочего конуса инструмента к оси волочения; σ_s – сопротивление деформации протягиваемого материала; σ_0 – напряжение противонапряжения.

Как следует из соотношения (7), гидродинамическому эффекту смазочного клина

способствует повышение скорости волочения, применение высоковязких смазок, уменьшение углов конусности инструмента. Применение условий гидродинамической смазки позволяет существенно повысить скорости волочения вплоть до 100 м/с.

Благоприятные условия для гидродинамического эффекта технологической смазки существуют и при прокатке, и других видах обработки металлов давлением. Решение задачи о течении смазки в зазоре между валком и полосой при прокатке позволило объяснить основные закономерности влияния параметров прокатки на коэффициент трения в зоне деформации.

Гидродинамический эффект смазки оценен также при других процессах обработки металлов давлением: глубокой вытяжке, кузнечной осадке цилиндрической заготовки, прессования. Полученные соотношения позволяют объяснить основные закономерности использования смазок в процессах обработки металлов давлением. Результаты исследований были обобщены в монографии Колмогоров В.Л., Орлов С.И., Колмогоров Г.Л. Гидродинамическая подача смазки. М.: Металлургия, 1975.

Последней монографией, посвященной вопросам гидродинамической подачи смазки, является монография Колмогоров Г.Л. Гидродинамическая смазка при обработке металлов давлением. М.: Металлургия. 1986.

Следует отметить, что проведенные исследования актуальны и в настоящее время. Они позволяют совершенствовать существующие и создавать новые процессы обработки металлов давлением.