

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗМА БЛОКИРОВКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ  
ХАРАКТЕРИСТИКУ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ ГИДРОМУФТЫ**

*А.В. Коперчук, к.т.н., доц., А.В. Мурин\*, к.т.н., доц.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)60537*

*E-mail: avkop@tpi.ru*

*\*Томский политехнический университет*

*634050, г. Томск проспект Ленина 30, тел. (3822) 56-46-55*

Наиболее распространенным решением по защите приводов машин от действия чрезмерных перегрузок является использование предохранительных муфт. Их конструкция может быть достаточно простой как у муфт с разрушающимся элементом [1] или весьма сложной как, например, у предохранительных инерционных муфт с планетарными механизмами [2]. Однако, несмотря на разнообразие технических решений, предохранительные гидродинамические муфты достаточно широко используются в топливной, химической и других отраслях промышленности. Общим недостатком гидродинамических муфт являются потери энергии на установившемся режиме работы, обусловленные разными скоростями ведущих и ведомых элементов, которые можно устранить, применяя механизмы блокировки. Опыт использования блокируемой гидромуфты (БГМ) TurboSyn 750 TV-Syn производства Voith GmbH в приводе угольной мельницы на бурогольной ТЭС «Фриммерсдорф» (Германия) [3] показывает, что при работе на номинальном режиме экономия энергии составляет около 3% при мощности приводного асинхронного электродвигателя 450 кВт и частоте вращения 1480 мин<sup>-1</sup>. Этот же сайт сообщает о положительном опыте применения БГМ модели 562 TPL-SYN в приводе турбокомпрессора измельчителя мощностью 1,2 МВт при 1480 мин<sup>-1</sup>. На кафедре «Горношахтного оборудования» Юргинского технологического института в проекте создания проходческой техники нового класса «Геоход» [4] также рассматривается вариант применения блокируемой предохранительной гидродинамической муфты в приводах транспортной системы.

Необходимо признать, что примеры использования БГМ в настоящее время достаточно редки, хотя наличие нескольких таких конструкций в модельном ряде мирового лидера в этой области Voith GmbH показывает востребованность подобных устройств.

Мировые тенденции сокращения издержек производства и экономии энергоресурсов заставляют искать новые и совершенствовать существующие конструкции устройств блокировки гидромуфт. Оригинальное решение предложено А.В. Муриным и В.А. Осиповым [5] (рис.1). Механизм блокировки выполнен в виде центробежной муфты с дробью и гофрированным диском.

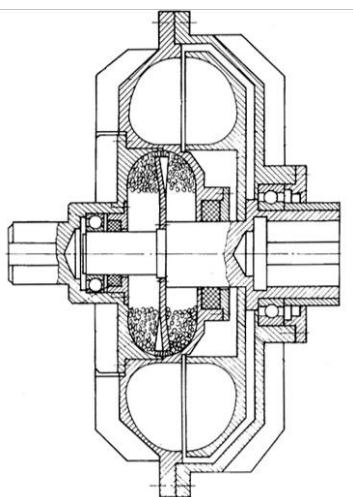


Рис. 1. Блокируемая предохранительная гидромуфта А.В. Мурина, В.А. Осипова

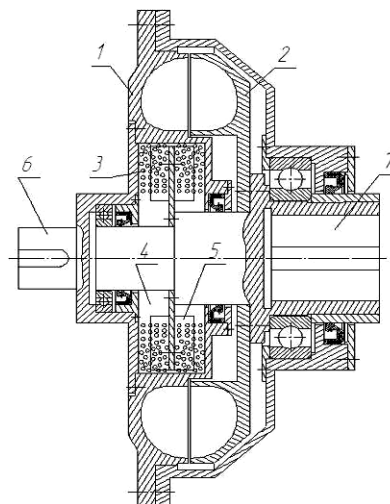


Рис. 2. Блокируемая предохранительная гидромуфта с цилиндрическим механизмом блокировки

Достоинствами данной муфты можно считать компактность механизма блокировки, простоту конструкции, наличие предохранительных свойств в заблокированном состоянии. К недостаткам

следует отнести незначительное увеличение нагрузки на приводной двигатель во время пуска и в стоповом режиме по сравнению с обычной гидромуфтой и недостаточную нагрузочную способность механизма блокировки, величина которой меньше рабочего момента гидромуфты.

Процесс работы муфты поясним на примере усовершенствованной авторами конструкции (рис.2). При разгоне насосного колеса 1 под действием в основном только гидравлического момента, передаваемого от него турбинному колесу 2, последнее также начинает вращаться. Увеличение частоты вращения приводит к увеличению центробежной силы, действующей на дробь 3 и прижимающей её частицы к стенкам цилиндрической полости 4, поверхностям ведомого диска 5 и, в итоге, к плавному возрастанию момента, передаваемого механизмом блокировки. При частоте вращения турбинного колеса 2, близкой к частоте вращения насосного колеса 1, происходит блокирование гидродинамической муфты, т.е. момент от ведущего вала 6, соединенного с насосным колесом 1, к ведомому валу 7 передается только за счет сил трения между гладкими стенками полости 4 и дробью 3 с зажатым в ней диском 5. Муфта работает без скольжения. При чрезмерных перегрузках происходит проскальзывание дроби 3 совместно с зажатым в ней диском 5 относительно стенок полости 4.

В работе [6] были приведены результаты исследований по увеличению нагрузочной способности механизма блокировки. Показано, что наиболее простым и технологичным решением этой задачи является изменение формы внутренней полости устройства с использованием ведомого диска с радиально расположенными ребрами (рис.3).

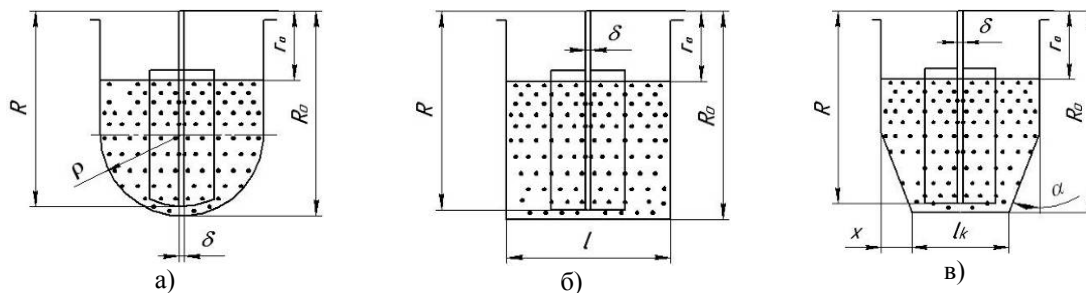


Рис. 3. Формы внутренней полости механизма блокировки:  
а) торовая, б) цилиндрическая, в) коническая

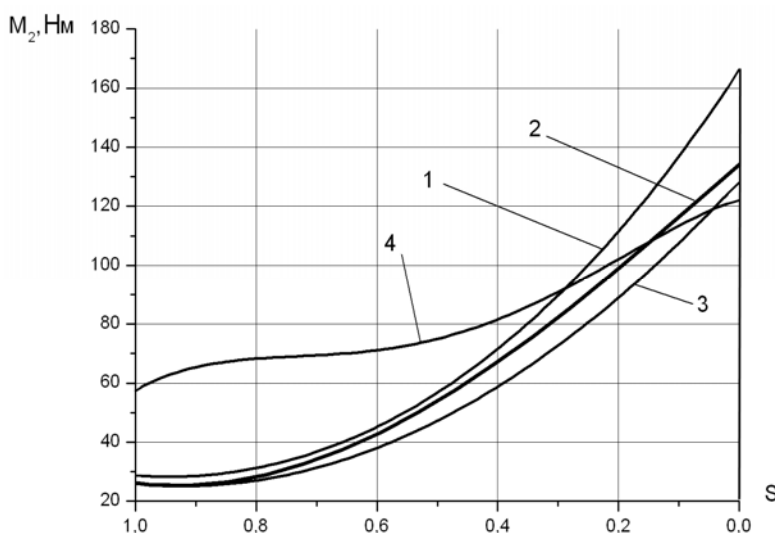


Рис. 4 Механические характеристики механизмов блокировки при наполнении гидромуфты 28%: 1 - с цилиндрической рабочей полостью; 2 - с торовой; 3 - с конической с углом  $\alpha = 15^\circ$ ; 4 - с конической с углом  $\alpha = 30^\circ$

ли были изготовлены из стали 20. В качестве наполнителя были использованы закаленные полиро-

На рис. 4 представлены полученные экспериментально механические характеристики механизмов блокировки с рассмотренными выше формами внутренней полости. По оси X отложено скольжение  $S$  в муфте, по оси Y - величина момента  $M_2$  на ведомом валу муфты.

Данные характеристики получены на устройствах с одинаковыми наибольшим радиусом внутренней полости  $R_0 = 90$  мм и осевым размером  $2\rho = l = 2x + l_k = 40$  мм (рис.4). Ведомый диск с радиальными выступами высотой 12 мм полностью исключал скольжение дроби по диску. Все детали

ванные шарики диаметром 4,763 мм из стали ШХ15. Масса сыпучего наполнителя определялась из условия постоянства радиуса свободной поверхности сыпучего тела  $r_0 = 57$  мм. Для осуществления разгона ведомого звена в гидродинамическую муфту был залит 1 литр рабочей жидкости, что соответствует степени ее наполнения 28%. В качестве приводного использовался асинхронный короткозамкнутый электродвигатель А72-4 мощностью 28 кВт. Частота вращения ведущего вала муфты находилась в пределах 1460...1500 мин.<sup>-1</sup>. Нагружение ведомого вала муфты осуществлялось электрическим и механическим тормозами.

Основные требования к механизмам блокировки можно сформулировать следующим образом:

– величина максимального передаваемого момента механизма должна быть больше в 1,2...1,5 раза, чем номинальный момент гидромуфты;

– минимальное значение момента в «стоповом» режиме, т.е. при отсутствии вращения ведомого вала;

– минимальная дополнительная нагрузка на привод при переходе из рабочего в «стоповый» режим.

Из приведенных данных (рис. 4) видно, что наиболее полно этим требованиям отвечает механизм с цилиндрической формой внутренней полости (кривая 1). Коническая с углом  $\alpha = 15^\circ$  (кривая 3) и торовая (кривая 2) конфигурация полости при одинаковом характере изменения кривой имеют меньшую нагрузочную способность. Коническая с углом  $\alpha = 30^\circ$  (кривая 4) обладает наименьшей нагрузочной способностью, наибольшим моментом в «стоповом» режиме и создает более высокую дополнительную нагрузку на привод при величине скольжения свыше 0,3.

На данный момент проведены экспериментальные исследования предохранительной гидродинамической муфты с активным диаметром 280 мм, втулочным отношением 0,635 и коническим механизмом блокировки с углом  $\alpha = 30^\circ$  при рабочих значениях заполнений. Заполнение гидромуфты 86%, заполнение механизма блокировки шариками диаметром 4,763 мм производилось до  $r_0 = 0,057$  м, что соответствует массе 2,11 кг. Результаты испытаний представлены на рис. 5.

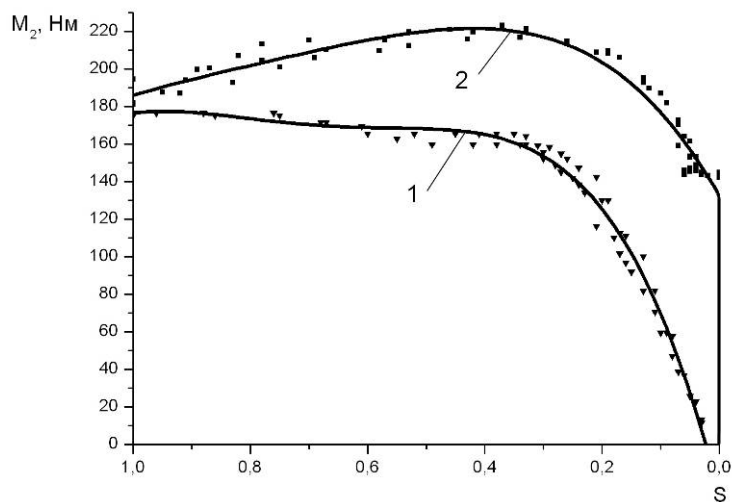


Рис. 5. Механические характеристики муфты с коническим механизмом блокировки с углом  $\alpha = 30^\circ$ : 1 - без дроби в механизме блокировки; 2 - с заполненным механизмом блокировки

некоторое увеличение, а затем плавное снижение момента  $M_2$  до величины превышающей на 2...4% максимальный момент гидромуфты. Учитывая кривую 4 на рис.4 конический механизм блокировки ожидаемо значительно увеличивает момент  $M_2$  по сравнению с исходной гидромуфтой.

Таким образом, экспериментально доказано, что усовершенствованный механизм блокировки с дробью обеспечивает работу предохранительной гидромуфты на установившемся режиме без скольжения при номинальной (рабочей) нагрузке. Кроме того, за счет увеличения частоты вращения ведомого вала муфты повышается производительность рабочей машины. Наличие механизма блокировки незначительно увеличивает максимальный момент предохранительной гидромуфты, что не снижает ее предохранительных свойств.

Из сравнения статических характеристик можно видеть, что заполненный дробью массой  $Q = 2,11$  кг механизм блокировки конической формы с углом  $\alpha = 30^\circ$  обеспечивает работу блокируемой предохранительной муфты без скольжения до величины момента  $M_2 = 141$  Нм, превышающей номинальный (рабочий момент) гидромуфты. После превышения значения максимального момента механизма блокировки происходит повторный запуск гидромуфты. С увеличением скольжения  $S$  происходит

Литература.

1. Поляков, В.С. Муфты. Конструкции и расчет / В.С. Поляков, И.Д. Барбаш.- Л.: Машиностроение, 1973. - 336 с.
2. Мурин, А.В. Методика расчета предохранительных инерционных муфт / А. В. Мурин, В. А. Осипов, Б. В. Кузнецов, А. В. Коперчук; Национальный исследовательский Томский политехнический университет.- Томск, 1998. – 23 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 12.05.1998, № 1416-В1998.
3. Drive Solutions for TurboSyn [Электронный ресурс] // Voith turbo [сайт].- Режим доступа: [http://www.scharfenberg-coupler.com/fluid-couplings\\_drive-solutions.php?mode=selectedProdukte&displaymode=selectedProdukte&language=de&id=22](http://www.scharfenberg-coupler.com/fluid-couplings_drive-solutions.php?mode=selectedProdukte&displaymode=selectedProdukte&language=de&id=22).
4. V.V. Aksenov, A.A. Khoreshok, V.Yu. Beglyakov, Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine - GEO-WALKER, Applied Mechanics and Materials. 379 (2013) 16-19.
5. А.с. 1075027А СССР, МКИ<sup>4</sup> F16D39/00. Гидродинамическая предохранительная блокируемая муфта/ А.В. Мурин, В.А. Осипов (СССР).- №3390034/25-27; заявл. 05.02.82; опубл. 23.02.84, Бюл. №7.- 4 с.: ил.
6. Koperchuk A.V., Murin A.V. Influence of geometrics of synchronization devices of fluid coupling on loading capability // Applied Mechanics and Materials Vol. 682 (2014) pp 499-503 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.682.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПЛАСТИН  
ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК4-1 ТОЛЩИНОЙ 3 ММ**

*Н.В. Винокуров, аспирант, А.С. Нуртдинов, аспирант, В.В. Карманов, аспирант*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

*614000, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, тел. (342)2-198-123*

*E-mail: nikolay.vinokurov.pnrpu@gmail.com*

Сварка трением с перемешиванием - процесс сварки в твердом состоянии, при котором вращающийся инструмент погружается между двумя свариваемыми образцами, генерируя тепло за счет трения; по достижению требуемого уровня нагрева инструмент перемещается вдоль линии стыка. Доведенный до пластичного состояния основной материал проходит вокруг инструмента, где он уплотняется в результате действия силы, приложенной опорным буртом инструмента.[1]

Жаропрочный алюминиевый сплав АК4-1 - сплав системы Al—Cu—Mg—Fe—Ni. По химическому и фазовому составам они весьма близки к дуралюминам, но вместо марганца в качестве легирующих элементов содержат железо и никель. Эти сплавы хорошо деформируются в горячем состоянии; коррозионная стойкость удовлетворительная. Они отличаются высокой износостойкостью, удовлетворительно соединяются точечной и шовной сваркой, хорошо обрабатываются резанием. Сплав АК4-1 применяется машиностроении и авиастроении при создании деталей ГТД, ГТУ (крыльчатые насосы, компрессоры, заборники, диски, лопатки).

Для отработки технологии СТП применялся листовой материал толщиной 3 мм закаленный и естественно состаренный со следующими характеристиками: предел прочности  $\sigma_b=430$  МПа, условный предел текучести  $\sigma_{0,2}=375$  МПа, относительное удлинение  $\delta=7\%$ .

Разработка технологии проводилась на базе лаборатории кафедры "Инновационные технологии машиностроения" Пермского национального исследовательского политехнического университета. Опытные работы велись на специализированной исследовательской установке для сварки трением с перемешиванием I-Stir PDS5 (MTS, США).

Отправной точкой при выборе параметров СТП была выбрана отработанная ранее технология сварки жаропрочного алюминиевого сплава 1151АТ. Основной задачей является получение соединения удовлетворяющего требованиям к сварным швам II категории по ТУ08.018 (согласно ТУ08.018 предел прочности должен быть не менее 80% от прочности основного материала). Для отработки технологии СТП был изготовлен инструмент в форме усеченного конуса с тремя крупными резьбовыми насечками (рис.1). Элементы конструкции инструмента увеличивают трение и способствуют перемешиванию. Резьбовые насечки при положительном вращении шпинделя и направляют пластифицированный металл вниз к корню шва, а спиральная канавка на торце опорного бурта препятствуют появлению излишнего облоя.