

СТЕНДОВАЯ БАЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД СТРУЯМИ ВОДЫ СВЕРХВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Головин К.А., канд. техн. наук, доц., Поляков А. В., аспирант,
Пушкарев А.Е., докт. техн. наук., доц.
Тульский государственный университет

Представлено состояние проблемы создания техники сверхвысокого давления. Разработан экспериментальный стенд, оснащенный преобразователем сверхвысокого давления на базе гидравлического двухступенчатого мультипликатора.

The condition of the problem to making high pressure technique is present. Experimental stand, equipped by high pressure converter on the base hydraulic two-stage intensifier is designed.

Введение

Режущая способность водяных и гидроабразивных струй - основной показатель, который определяет эффективность применения таких струй в качестве режущего инструмента. Как для простой водяной струи, так и для гидроабразивной режущая способность определяется расходом и давлением. Резание металлов, композиционных материалов, в том числе и прочных горных пород, ограничено давлением серийно выпускаемых насосов высокого давления, которые в настоящее время способны развивать давление до 250 МПа [1]. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения рабочего давления до уровня 400 МПа и выше.

Основными причинами увеличения рабочего давления являются:

- увеличение эффективности процесса резания;
- в случае гидроабразивной струи повышение давление приводит к снижению потребного расхода абразива;
- возможность резания тонкого листового металла, а также крепких горных пород водяной струей без добавок абразива.

Постановка и решение задачи

Анализ результатов проведенных исследований [1] показал, что при сверхвысоком давлении (до 690 МПа) наблюдается значительное увеличение показателей разрушения. Экспериментальные исследова-

ния которые провели Раджаван (Raghavan) и Тинг (Ting) показали, что предельное давление для резания металлов простой водяной струей находится в диапазоне 276 – 414 МПа. Также было установлено, что наибольшая эффективность достигается при 3 – х кратном увеличении времени воздействия давления данного уровня. Кроме того, термодинамические ограничения для давления водяных струй находятся в диапазоне выше 1034 МПа. Таким образом, становится очевидным целесообразность создания промышленного насосного оборудования с уровнем давления 400 – 1034 МПа.

Для достижения уровня давления до 400 МПа и выше возможны следующие конструктивных схемы насосов сверхвысокого давления.

Стандартный преобразователь давления

Для преобразователя давления мультипликаторного типа выходное давление определяется входным гидравлическим давлением масла и коэффициентом мультипликации. Обычно этот коэффициент составляет - 20. Однако увеличение коэффициента мультипликации до 30 – 40 позволяет выйти на требуемый уровень давления. Так, например, в лабораторных условиях, Хашиш (Hashish) использовал преобразователь давления с коэффициентом мультипликации 33 и достиг уровня давления 690 МПа.

Модифицированный автофретированный насос

Обычно для гидроструйной резки используются преобразователи давления с контролем по давлению, автофреттированные мультипликаторы обычно используются в случае ограниченного расхода. Например, Триб (Trieб) использовал автофреттированный насос коэффициентом мультипликации 50 и достиг уровня давления 1000 МПа.

Многоступенчатый преобразователь давления

В этом случае повышение давления воды достигается повышением давления подпиточного насоса. Это может быть сделано посредством дополнительного насоса плунжерного типа или при использовании многоступенчатых преобразователей давления. Например, Раджаван (Raghavan) и Тинг (Ting) получили давление 690 МПа используя два последовательных преобразователя давления с общим коэффициентом мультипликации 20.

Следует отметить, что создание мультипликаторов на давление свыше 400 МПа на базе стандартного или модифицированного преобразователей давления приводит к значительному повышению их стоимости и резкому увеличению габаритных размеров. В случае

многоступенчатого преобразователя давления данные недостатки устраняются

Таким образом, для достижения уровня давления свыше 400 МПа представляется целесообразным использование схемы представленной на рис. 1

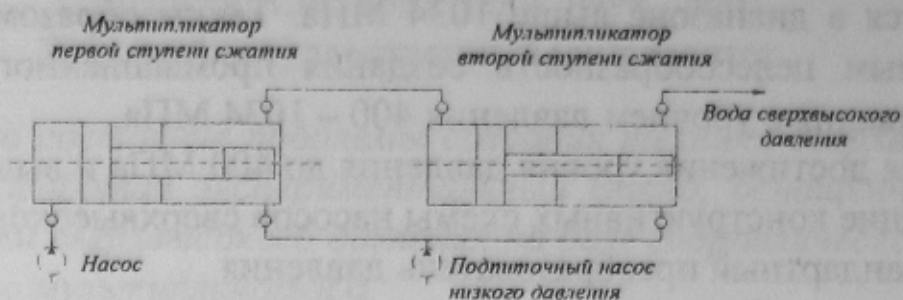


Рис. 1 Схема двухступенчатого сжатия

Для отработки параметров преобразователя давления и установления влияния основных действующих факторов была разработана и изготовлена экспериментальная стендовая база представленная на рис. 2.

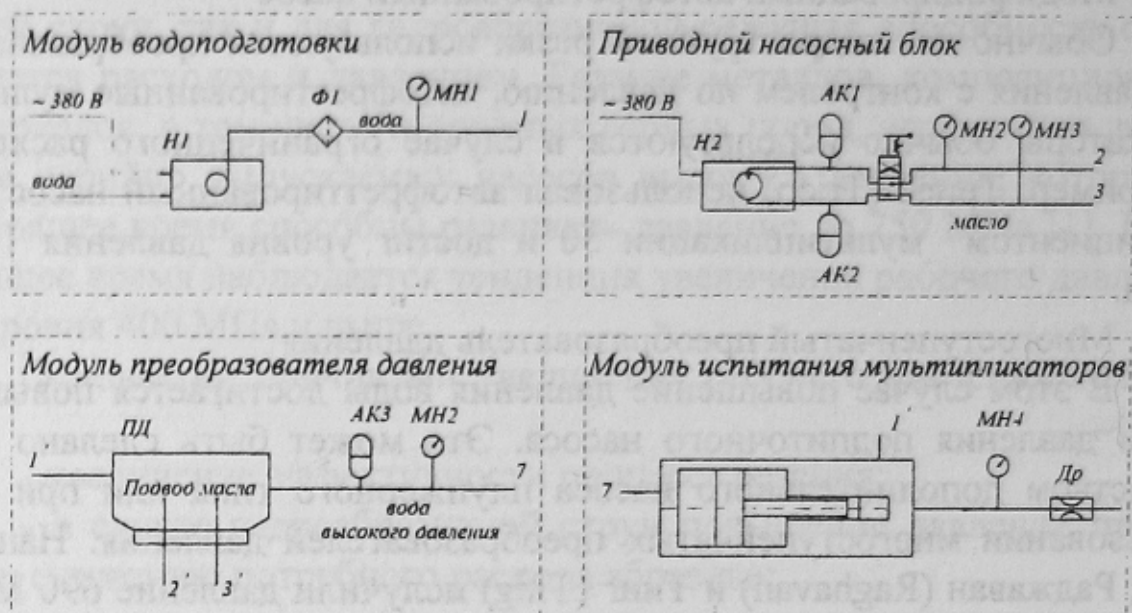


Рис. 2 Схема экспериментальной установки

Основные технические характеристики установки воды высокого давления представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики
экспериментальной установки

1	Мощность приводного электродвигателя, кВт	45
2	Рабочая жидкость в силовой гидросистеме	минеральное мас ло ТП22
3	Максимальное давление масла, МПа	32
4	Давление, МПа	0 - 120 0 - 400
	- в первой ступени	
	- во второй ступени	
5	Тип преобразователя давления	гидравлический мультипликатор
	- первая ступень	
	- вторая ступень	
6	Общий коэффициент мультипликации	20
7	Производительность, л /мин	15

Модуль водоподготовки предназначен для питания рабочей жидкостью (водой) преобразователей давления и представляет собой агрегат из приводного электродвигателя и центробежного водяного насоса общего назначения, позволяющего получить на выходе давление воды 5 МПа.

Приводной насосный блок предназначен для питания преобразователя давления первой ступени рабочей жидкостью (гидравлическим маслом), и состоит из установленных на общей раме электродвигателя мощностью 45 кВт, регулируемого насоса, маслобака, двух аккумуляторов и соединительных трубопроводов. На концах выходных трубопроводов масляной гидросистемы установлены запорные соединения для присоединения рукавов, связывающих насосный блок с преобразователем давления первой ступени.

Модуль преобразователя давления предназначен для преобразования гидравлической энергии рабочей жидкости (масла), поступающей от приводного насосного блока, в гидравлическую энергию воды давлением до 120 МПа (1200 кг/см²) подаваемой во взводящую полость преобразователя давления модуля испытания мультипликаторов.

Каждый из мультипликаторов конструктивно представляет собой гидроцилиндр, состоящий из двух камер масляной и водяной, разделённых между собой полиамидными и резиновыми манжетами.

Водяная камера или камера высокого давления сообщается каналом с корпусом, оснащенным всасывающим и нагнетательным клапанами. В свою очередь клапаны связаны каналами с гидросистемой.

Работа стенда осуществляется следующим образом. При включении приводного электродвигателя водяной насосный блок низкого давления забирает воду из сети водопровода и подает ее потребителям (преобразователям давления). При включении электродвигателя приводного насосного блока и переводе регулятора давления в рабочее положение давление в напорной магистрали насосного блока возрастает до величины, определяемой настройкой регулятора давления насоса, и также подается потребителям.

При работе мультипликатора поршень совершает двойной ход - рабочий и холостой. При холостом ходе через всасывающий клапан заполняется водой камера высокого давления воды. При рабочем ходе происходит вытеснение воды высокого давления через нагнетательный клапан. Рабочая жидкость, возвращающаяся от потребителя к насосному блоку по сливному трубопроводу, поступает на вход насоса.

Кроме того, конструкция стенда позволит использовать для проведения экспериментальных исследований различные типы гидроструйного инструмента (водоструйный, водоледяной, гидроабразивный и т. д.), а также различные типы технологических оснасток для перемещения струеформирующей насадки относительно обрабатываемой поверхности по заданному закону.

Выводы

Таким образом, разработанная экспериментальная установка позволяет исследовать закономерности процесса разрушения горных пород струями воды сверхвысокого давления в зависимости от изучаемых факторов, а также отрабатывать конкретные варианты конструкций мультипликатора сверхвысокого давления для выбора и обоснования силовой схемы и основных геометрических размеров динамически нагруженных элементов гидросистемы.

Список источников.

1. P. Koerner, W. Hiller, W. Werth Design of reliable pressure intensifier for water-jet cutting at 4 to 7kbar// 16 th International Conference on water jetting. 16 – 18 October Aix-en Province 2002 pp. 123 – 133.
2. Домбэ Ю.И. Насосы сверхвысокого давления. М.: Химнефтемаш. 1973. - 44с.
3. Гидросистемы высоких давлений. Под ред. Ю. Н. Лаптева. М.: Машиностроение. 1973. – 152 с.