

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВЫХ ТРУБ

Д-р техн. наук, проф. Н. Е. КУРНОСОВ, канд. техн. наук, доц. А. В. ТАРНОПОЛЬСКИЙ

Приведены результаты исследований вихревого охладителя воздуха. Показана возможность его эффективного применения в технологических процессах машиностроения, в том числе при сборке соединений с натягом.

Results of researches of a vortical cooler of air are resulted. The opportunity of its effective application in technological processes of mechanical engineering is shown, including at assembly of connections with a tightness.

В настоящее время количество работ, посвященных изучению и применению вихревого эффекта Ранка, возросло в связи с расширением области применения вихревых труб [1—3]. Однако в технологических процессах машиностроения вихревые преобразователи энергии применяются редко, хотя в ряде случаев они могут повысить эффективность производства. Вихревые устройства, обеспечивающие температурное разделение газов, получили название вихревых труб. Работа таких труб основана на использовании эффекта Ранка, заключающегося в том, что при вихревом движении газа в цилиндрической или конической вихревой камере, снабженной тангенциальным входом и имеющей на торцах отверстия для выхода воздуха, образуются два вихревых потока, движущиеся навстречу друг другу. Вихревой поток движется по периферии вихревой камеры от тангенциального входа к дросселю, где и выводится наружу. В осевой зоне вихревой камеры образуется второй поток, движущийся навстречу периферийному (от дросселя к диафрагме, расположенной вблизи тангенциального входа). В результате тепло- и массопереноса между двумя вихревыми потоками осевой поток охлаждается и выходит через отверстие диафрагмы, а периферийный нагревается. Конструкции вихревых труб весьма разнообразны. С появлением новых конструкций [4] проводятся их исследования, определяются оптимальные геометрические параметры, изучаются термодинамические характеристики.

В качестве основной энергетической характеристики вихревой трубы используется зависимость разницы температур $\Delta T_c = T_0 - T_c$ входящего и холодного потоков от относительного массового расхода холодного газа $\mu = Q_c / Q_0$ (Q_c, Q_0 — массовый расход холодного и поступающего сжатого газа соответственно) [2]. К достоинствам вихревой трубы относят простоту устройства, отсутствие движущихся частей, высокую надежность, легкость регулирования и возможность получения энергетических потоков с параметрами, изменяющимися в очень широких пределах: давление сжатого воздуха $P_{\text{вх}} = 0,4 \dots 20$ МПа, давление охлажденного воздуха $P_{\text{вых}} = 0,1 \dots 5$ МПа, температура холодного потока $T_c = -(10 \dots 70)$ °С. При этом относительный массовый расход холодного газа $\mu = 0,3 \dots 0,7$.

Анализ результатов проведенных исследований вихревых труб [4], снабженных торозным устройством в виде крестовины, показывает, что эффективность температурного разделения горячего и холодного вихревых потоков растет с увеличением давления сжатого воздуха на входе вихревой камеры.

При давлении сжатого воздуха 0,4 МПа (рис. 1) наиболее глубокое охлаждение (до 43 °С), наблюдается при сочетании диафрагмы $D2 = 6$ мм с большой длиной лопастей крестовины тормоза $L3 = 50$ мм и малым открытием дросселя $K1$. Аналогичные результаты дают другие сочетания, например, диафрагма $D3 = 7$ мм, большая длина лопастей тормоза $L3 = 50$ мм, среднее и большое открытие дросселя $K2, K3$. Можно отметить, что максимальная эффективность процесса теплопереноса в вихревых потоках достигается, если использовать тормоз с лопастями большой длины ($L3 = 50$ мм).



Рис. 1. Характеристика интенсивности температурного разделения при давлении сжатого воздуха на входе вихревой камеры 0,4 МПа

Обращает на себя внимание тот факт, что в большинстве случаев максимальная эффективность процесса теплопереноса в вихревых потоках (максимальное снижение и повышение температуры потоков) наблюдается одновременно в обоих потоках. Такое совпадение можно объяснить тем, что при этом имеют место явления резонанса или совпадения частоты колебаний вихревого потока и вихревой камеры.

Полученные результаты позволяют использовать вихревую трубу в качестве холодильного агрегата периодического действия. Вихревая труба может быть легко встроена в различные устройства и задействована в технологических процессах, в том числе для охлаждения режущих инструментов, деталей перед сборкой соединений с натягом, электронной аппаратуры станков с ЧПУ [5].

Возможность применения вихревых труб для создания низких температур при периодическом использовании оборудования реализована в условиях ОАО «Тяжпромарматура» (г. Пенза) на операции сборки соединения с натягом направляющей втулки и корпуса клапана регулирующего, запорной арматуры для АЭС. Соединение должно выдерживать осевую нагрузку до 8 кН. Обе детали изготавливаются из стали 08X18H10T. Сопрягаемые поверхности имеют размеры: отверстие в корпусе $\varnothing 60H8^{(+0,046)}$, наружный диаметр запрессовываемой втулки $\varnothing 60u8^{(+0,133/+0,087)}$, длина сопряжения составляет 65 мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей не более $Ra1,25$. Величина осевого усилия запрессовки втулки достигает при этом 15 кН.

Действующий технологический процесс сборки соединения предусматривал нагрев корпуса в печи до температуры 250 °С, выдержку при данной температуре в течение 30...40

минут, транспортировку на участок сборки и сборку методом продольной запрессовки направляющей втулки. После запрессовки корпус остывал до комнатной температуры в течение 3...4 часов. Недостатки данной технологии — это высокая температура и длительное время нагрева с целью избежать деформации корпуса, имеющего большие размеры и несимметричное распределение массы металла относительно отверстия. В связи с этим возникали опасности и неудобства при транспортировке корпуса, нагретого до 250 °С и требовались большие затраты энергии на нагрев.

Для устранения этих недостатков было предложено заменить нагрев корпуса охлаждением втулки с помощью вихревой трубы, которое обеспечило бы соответствующее уменьшение ее диаметра перед запрессовкой. Для охлаждения втулок использовали вихревую трубу с вихревой камерой диаметром 12 мм в которую подавали предварительно осушенный сжатый воздух давлением 0,5 МПа из заводской пневмосети. Холодный воздух из вихревой трубы с температурой минус 35...40°С подавался непосредственно на детали, расположенные на решетчатом поддоне в холодильной камере. Холодильная камера представляла собой теплоизолированный контейнер с размерами 500×500×500 мм, который устанавливался непосредственно на участке сборки данного узла. Воздух, выходящий из холодильной камеры, направлялся в теплообменник, где использовался для охлаждения сжатого воздуха, поступающего в вихревую трубу и корпуса вихревой трубы, что позволило повысить эффективность ее работы. Время охлаждения составляло 40 минут. Охлажденную втулку вынимали из холодильной камеры, устанавливали в сборочное приспособление и запрессовывали, используя гидропресс. Охлаждение втулки до минус 40 °С позволило снизить максимальное усилие запрессовки до 7 кН, и отпала необходимость нагрева корпуса и его транспортировки в нагретом состоянии на участок сборки.

В результате выполненных исследований установлены наиболее эффективные режимы и условия работы вихревой трубы как холодильного агрегата, использование которого в технологическом процессе сборки соединений с натягом обеспечило энергосбережение и безопасность труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А з а р о в А. И. Промышленное применение многоцелевых вихревых воздухоохладителей // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 1999. — № 7. — С. 29—31.
2. П и р а л и ш в и л и Ш. А. Вихревой эффект // Известия академии наук. — 2000. — № 5. — С. 137—147.
3. Вихревые системы термостатирования авиационного оборудования / В. В. Бирюк, В. П. Алексеенко, Г. И. Леонович, С. В. Лукачев. — Самара: Самар. науч. центр РАН, 2005. — 176 с.
4. Пат. 2098723 Российская Федерация, МПК⁶ F 25 В 9/02. Вихревая труба / Жулимов Ю.Н., Каширский А.С.; заявитель и патентообладатель Курносов Н.Е. — № 95115194/06; заявл. 25.08.95; опубл. 10.12.97, Бюл. № 34. — 4 с.
5. Т а р н о п о л ь с к и й А. В. Технологическое обеспечение производства изделий машиностроения на основе применения вихревых преобразователей энергии // Ресурсосбережение и инновации: проблемы и решения / Сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. — Пенза, Изд-во Приволжск. дома знаний, 2006. — С. 91—94.