

## Сравнение между гидравлической раздачей и механической развальцовкой труб

Сравнение	Механическая вальцовка	Гидравлическая раздача
Средство раздачи	Вращающиеся металлические ролики	Дистиллированная вода под давлением
Тип раздачи	<p style="text-align: center;">Давление металла на металл</p> <p><i>Давление передаётся через 3 - 5 точек контакта вращающихся металлических роликов с внутренней поверхностью трубы. Эти ролики имеют заданный диапазон раздачи, что не позволит трубе эффективно расширяться если отверстие в трубной решётке не идеально круглое. Мехвальцовка будет раздавать каждую трубу до тех пор, пока позволяет диапазон инструмента, не зависимо от того достигнут ли плотный контакт с трубной решёткой в зоне раздачи. Это приводит к формированию скрытых зазоров между трубой и трубной решёткой в ситуациях если отверстие в решётке не идеально круглое, слишком большое или имеет конусность.</i></p>	<p style="text-align: center;">Равномерная раздача</p> <p><i>Представьте инструмент с бесконечным количеством точек контакта, каждая из которых расширяет трубу единомоментно. «Равномерная» раздача расширяет трубу до плотного контакта с трубной решёткой даже если отверстие в решётке не идеально круглое. То, что раздача ограничена давлением, а не заданной линейной величиной, позволяет трубе раздаваться до полного контакта с отверстием в решётке, даже если это отверстие имеет коническую форму или избыточный радиус.</i></p>
Утонение стенок	<p style="text-align: center;">Да</p> <p><i>Мехвальцовка уменьшает толщину стенки трубы путём осевого выдавливания трубы. В процессе вальцевания материал трубы аксиально выдавливается из зоны раздачи, одновременно с этим труба растягивается радиально. Это в прямом смысле уменьшает количество металла, составляющего стенку трубы, на основании чего измеряют т. н. «степень развальцовки»</i></p>	<p style="text-align: center;">Нет</p> <p><i>Гидравлическая раздача <b>не</b> приводит к утонению стенки трубы в привычном понимании данного термина — в процессе раздачи металл трубы из зоны расширения не выдавливается. Гидрораздача раздаёт трубу радиально, но не продольно. Для образования плотного контакта с трубной решёткой вода давит на стенки трубы до достижения величины т. н. «фактического» утонения стенок, также иногда называемого «компрессией стенок» трубы. Итоговое поверхностное прилегание трубы к решётке является оптимальным с точки зрения плотности и прочности соединения.</i></p>

Сравнение	Механическая вальцовка	Гидравлическая раздача
Взаимодействие с канавками в трубной решётке	<p style="text-align: center;"><b>Вдавливание</b></p> <p><i>Мехвальцовка вдавлиывает трубу в канавку, вымещая металл со стенки трубы. Это формирует слабое место, т.к. стенка трубы на гранях канавки существенно тоньше.</i></p>	<p style="text-align: center;"><b>Обтекание металлом</b></p> <p><i>Гидравлическая раздача — одна из форм гидроформирования (технологический процесс придания формы заготовке под воздействием высокого давления воды, в нашем случае — придание трубе профиля отверстия трубной решётки). Если в решётке есть канавки, труба «втекает» в них, тем самым придавая дополнительную прочность соединения в местах где кромки канавки соприкасаются с трубой. Результат гидрораздачи труб в решётках с канавками также легко визуализируется осмотром внутренней поверхности разданной трубы (профиль трубы будет повторять профиль отверстия в решётке).</i></p>
Упрочнение металла трубы	<p style="text-align: center;"><b>Значительное</b></p> <p><i>Если рассматривать мехвальцовку с точки зрения металлургии — это довольно медленный процесс. Раздача достигается постепенно, т. к. за один оборот вальцовки ролики толкают металл трубы на небольшую величину, таким образом каждый участок зоны раздачи за период раздачи многократно испытывает знакопеременные нагрузки (фактически закалка - отдых), что приводит к существенному упрочнению металла трубы, а значит делает его более хрупким и в большей степени подверженным коррозии.</i></p>	<p style="text-align: center;"><b>Минимальное</b></p> <p><i>Любое физическое воздействие на металл (механическое или любое другое) приводит к его некоторому упрочнению. При гидрораздаче вода воздействует с одинаковой силой на каждую точку поверхности металла и производит изменения в его структуре очень быстро, чем и объясняется его минимальное упрочнение при использовании данной технологии. Именно это делает гидрораздачу — идеальной технологией обработки таких материалов как титан, стали Супердуплекс, Инконел и пр.</i></p>
Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН)	<p style="text-align: center;"><b>Наиболее частая причина КРН</b></p> <p><i>Как наиболее грубый метод раздачи труб, мехвальцовка — одна из главных причин КРН в теплообменниках. Как правило причиной этого является резкий переход между разданной и неразданной зонами трубы из-за утонения стенок трубы, упрочнения металла и изменения его молекулярной структуры после вальцовки.<sup>1</sup></i></p>	<p style="text-align: center;"><b>Решение проблемы КРН</b></p> <p><i>Т.к. равномерное расширение при гидрораздаче приводит к минимальному упрочнению металла трубы, не выдавливает трубу аксиально и незначительно уменьшает толщину стенки трубы, гидрораздача как технология обеспечивает мягкий переход между разданной и неразданной зонами трубы. Это существенно снижает количество напряжения в трубе и, как результат, повреждений по причине КРН.</i></p>

<sup>1</sup> см. ст. «Residual stress in transition zones of Heat exchanger tubes», Journal of Pressure Vessel Technology, май 1992г.,vol. 114/149, авт. D.P.Updike, A.Kalnins

Сравнение	Механическая вальцовка	Гидравлическая раздача
Крутящее усилие	<p>Присутствует</p> <p><i>Механические ролики раздают трубу вращаясь. Это усилие передаётся оператору во время раздачи. Если ролик подклинивает или стопорится, то привод в руках оператора может начать неконтролируемое вращение, нанося повреждения оператору.</i></p>	<p>Отсутствует</p> <p><i>Гидравлическая раздача не производит крутящего усилия, и практически не требует никаких усилий со стороны оператора в процессе цикла. Это снижает усталость оператора в процессе работы и минимизирует требования к его экспертности в «ощущении» достаточности раздачи.</i></p>
Шаговая вальцовка	<p>Присутствует</p> <p><i>Механическая вальцовка ограничена максимальной зоной раздачи в 2" (около 50мм) за один проход. Это значит, что для часто встречающихся трубных досок толщиной в 90мм потребуется 2 шага вальцовки на каждую трубу. Для теплообменников с 3000 концов труб потребуется сделать 6000 раздач вместо 3000 при использовании гидрораздачи.</i></p>	<p>Нет необходимости</p> <p><i>Гидравлическая раздача позволяет раздавать трубы в трубных досках любой толщины за один шаг. Подогреватели сетевой воды могут иметь трубную решётку толщиной более 600мм — и в этом случае для гидрораздачи потребуется всего 1 шаг.</i></p>
Точность и повторяемость результата	<p>Приблизительно</p> <p><i>Точность мехвальцовки очень сильно зависит от опытности оператора, его усталости, а также от учёта коэффициентов трения. Это приводит к существенному расхождению результатов развальцовки даже в пределах одного теплообменника.</i></p>	<p>Точно</p> <p><i>Точность цикла гидрораздачи контролируется электроникой оборудования и не зависит от наличия опыта у оператора. При необходимости система самостоятельно добавит воду в магистраль для достижения заданного давления раздачи (если новая труба оказалась большего диаметра, чем предыдущая). Все трубы в пределах конкретного теплообменника будут разданы с единым усилием с точностью в пределах допустимых лимитов отклонения и точности датчика давления (+/- 1%).</i></p>