

ГИПОТЕЗА ПРИЧИН ВАРЬИРОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАПИЛЛЯРНЫХ МЕДНЫХ ТРУБ

Пропускная способность капиллярных медных труб является одним из основных параметров, определяющих пригодность этого вида продукции к использованию. Целью работы является выявление параметров, влияющих на показатели пропускной способности (далее ПС).

Для измерений отобраны два типоразмера капиллярных труб из меди марки М1р: $1,85 \times 0,66$ мм (объем выборки 190 измерений) и $1,85 \times 0,71$ мм (объем выборки 160 измерений). Методика измерений включала определение ПС контрольного образца, расчет поля допуска, определение ПС нормативного отрезка трубы. В результате измерений было получено две группы величин ПС: до отжига ПС_{до}, после отжига ПС_{по}. Таким образом, переменными факторами в промышленном эксперименте здесь выступают: два типоразмера заготовки и наличие термической обработки.

Для последующего анализа важны величины ПС, поскольку они определяют качество продукции и возможность ее эксплуатации. На рис. 1 представлены результаты измерения ПС. В частности, видно, что колебания ПС могут быть значительны. В производственных условиях допуск на величину ПС составляет 5 % от показателя, измеренного с помощью эталонного отрезка трубы. Тем самым формируются нижняя и верхняя границы поля допуска (в сумме 10 %), которые отсчитываются от номинального значения, показываемого эталоном в данных условиях испытания.

На этом этапе обработки результатов было выявлено, что сплошные линии тренда во всех случаях идут выше штриховых, т. е. до отжига ПС оказывается несколько выше, чем после отжига. Статистически это трудно обосновать из-за высокой амплитуды колебаний ПС, однако этот факт наблюдался в двух сериях измерений.

Это противоречит сложившемуся мнению о том, что отжиг должен очищать внутреннюю поверхность трубы за счет выжигания смазки, продуктов износа инструмента и собственно деформированного металла.

В качестве гипотезы, объясняющей данное явление, рассматривается положение, что в результате довольно длительного отжига трубы происходят структурные изменения в металле, влияющие на размеры.

В табл. 1 приведены статистические характеристики измерений ПС для труб размерами $1,85 \times 0,66$ мм и $1,85 \times 0,71$ мм.

Как видно из приведенной таблицы, показатели стандартного отклонения и дисперсии выглядят однородно, что позволяет сделать заключение, что массивы чисел адекватно описывают процессы. Из анализа данных следует, что показатель ПС для трубы 1,85×0,66 мм до отжига в совокупности величин среднего, медианы и моды колеблется в пределах 2,27...2,28, а после отжига – в пределах 2,24... 2,25, т. е. эти интервалы даже не пересекаются. После отжига ПС оказывается ниже, что подтверждает выводы, сделанные по графикам. Для трубы 1,85×0,71 мм соответственно интервалы составляют до отжига 2,27...2,28, после отжига – 2,23...2,26, т. е. тенденция остается прежней, после отжига показатель уменьшается.

Таблица 1

Статистические характеристики измерений ПС для труб размером 1,85×0,66 мм и 1,85×0,71 мм

Размер труб, мм	1,85 × 0,66		1,85 × 0,71	
Показатель	ПСдо	ПСпо	ПСдо	ПСпо
Среднее	2,27	2,24	2,28	2,26
Медиана	2,27	2,24	2,27	2,24
Мода	2,28	2,25	2,27	2,23
Стандартное отклонение	0,068	0,067	0,075	0,090
Дисперсия выборки	0,005	0,004	0,006	0,008
Эксцесс	18,817	24,840	5,866	13,057
Асимметричность	-2,093	-2,996	0,236	1,613
Минимум	1,75	1,69	1,91	1,84
Максимум	2,5	2,4	2,57	2,82
Счет	190	190	160	160

В дополнение к массиву полученных экспериментальных данных был рассчитан показатель изменения (приращения) ПС в результате отжига:

$$\Delta \text{ПС} = \text{ПС}_{\text{по}} - \text{ПС}_{\text{до}}.$$

Приращение параметров сформулированы в функциональной связи со временем: из параметра с более поздним сроком действия вычитается параметр с более ранним сроком, т. е. результат, полученный после отжига, всегда измеряется позже, чем полученный до отжига.

Результаты статистических расчетов \square ПСо отображены на рис. 2 в виде частотных гистограмм. Как видно из гистограмм, наиболее высокие столбцы соответствуют нулевым или малым изменениям ПС. Следующий по величине столбец располагается справа, т. е. гистограмма не является симметричной и, строго говоря, не соответствует нормальному распределению функции. Тем самым можно признать, что наблюдается явление, имеющее физическое обоснование. Сдвиг Δ ПС в сторону положительных значений на гистограммах рис. 2 говорит о том, что ПС после отжига сместилась в область больших значений. Этот факт был отмечен ранее при других способах отображения информации.

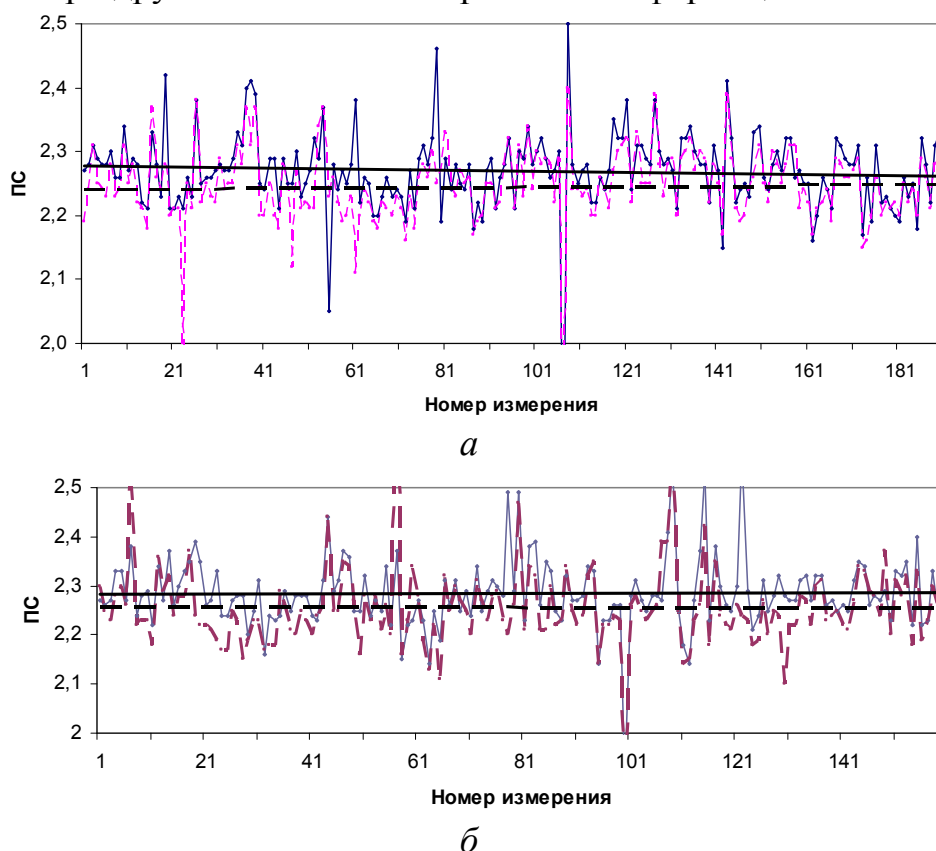
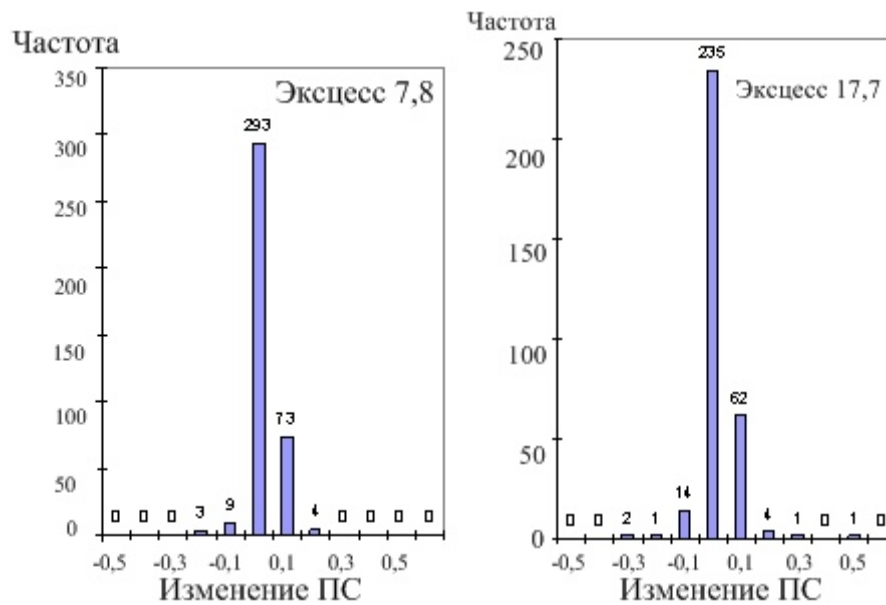


Рис. 1. Результаты измерений ПС: *а* – для труб 1,85×0,66 мм; *б* – 1,85×0,71 мм до (сплошная линия) и после (штриховая линия) отжига, прямые линии выполнены как линии тренда



аб

Рис. 2. Частотные гистограммы приращений ПС в результате отжига:
а – для труб 1,85×0,66 мм; *б* – для труб 1,85×0,71 мм.

Числа над столбцами – частота для данного диапазона ПС