Технологические дефекты труб и необходимость входного контроля

Эксперт **Романенко Виктор Павлович**, ОАО «Севкавэлектроремонт» г. Ростов-на-Дону

Эксперт **Кравченко Виктория Владленовна**, ОАО «Севкавэлектроремонт» г. Ростов-на-Дону

После 4700 часов эксплуатации конденсатора КЦС-100 турбогенератора произошли массовые повреждения латунных труб Ø25х1 мм (за два года эксплуатации отглушено 1140 труб из-за течи).

Параметры работы конденсатора: давление пара-0,08-0,12 МПа, давление воды -0,3 МПа, температура пара-30-70ºС, температура воды 3-33ºС. Материал труб- латунь марки ЛАМШ 77-2-0,05 по ГОСТ [2].

По данным химического анализа материал исследуемых труб соответствует марки латуни ЛАМШ 77-2-0,05 и удовлетворяет требованиям ГОСТ [1].

Внешний вид поврежденных труб показан на рис.1. Трубы имеют повреждения в виде продольных и поперечных сквозных трещин. Протяженность поперечных трещин достигает 53 мм, что составляет 71% наружного диаметра, ширина раскрытия до 2 мм. Протяженность продольных трещин до 92 мм, ширина раскрытия до 1,2 мм. Несколько труб имеют по две продольных, параллельных между собой сквозных трещин, расстояние между которыми составляет 7,8-13,2 мм.

На наружной поверхности наблюдаются дефекты в виде эрозионного износа участков труб шириной до 23 мм, протяженностью на 1/3 периметра. Толщина стенки труб в местах износа составляет 1,1-0,8 мм. Наблюдаются темные пятна по всей длине и периметру труб протяженностью до 22,0 мм, в зоне которых в основном и располагаются поверхностные дефекты в виде продольных рисок различной длины, тонких поперечных, продольных и «языкообразных» трещин, вкатанных металлических частиц и насечек. Все дефекты относятся к технологическим, образующимся при изготовлении труб. Наружный диаметр труб составляет 24,9-25,0 мм, толщина стенки труб вне зон повреждений -0,95-1,0 мм.

Произведен контроль труб на наличие остаточных растягивающих напряжений ускоренным методом первый способ приложений 2 ГОСТ [2]. Испытания производились в водном растворе азотнокислой ртути. После испытаний трещин не обнаружено, что свидетельствует об отсутствии остаточных растягивающих напряжений.

Прочностные и пластические свойства труб не удовлетворяют требованиям ГОСТ [2].

Металлографическим анализом выявлены трещины, которые развиваются с наружной поверхности, зарождаясь по технологическим дефектам - закатов, рисок, рванин, плен, являющихся концентраторами напряжений. Дефекты окислены, некоторые входят в металл под углом. Максимальная глубина технологических дефектов-0,23 мм. Характер трещин показан на рис.2,3. Трещины разветвляются и пересекаются между собой, развиваясь до сквозных.

Анализ повреждаемости латунных труб свидетельствует о неудовлетворительном качестве их изготовления, поэтому при замене латунных труб Ø25х1 мм конденсатора КЦС-100 турбогенератора произведены визуальный контроль и вырезки. Контроль произведен для входного

контроля металла в исходном состоянии и оценки качества изготовления.

Для исследования были представлены одиннадцать вырезок, отобранных после визуального контроля.

Трубы изготовлены из латуни марки ЛАМш 77-2-0,05 и поставляются только в мягком состоянии. По данным химического анализа материал исследуемых труб соответствует марки латуни ЛАМШ 77-2-0,05 и удовлетворяет требованиям ГОСТ [1].

Диаметр труб составляет 25,0-25,1 мм, толщина стенки 1.1-1.4 мм.

Визуальным контролем на наружной поверхности труб имеются местные локальные потемнения и пятна, свидетельствующие о конденсации и высыхании влаги, поверхностные дефекты в виде продольных рисок различной длины и глубины, тонких поперечных и продольных трещин, а также дефекты в виде тонких трещин «языкообразной» формы, насечек и вкатанных металлических частиц (рис.4). Все вышеперечисленные дефекты относятся к технологическим, образующиеся при изготовлении труб.

Механическими испытаниями установлено, что прочностные характеристики металла латунных труб соответствуют требованиям ГОСТ [2]. Пластические свойства (относительное удлинение) ниже требований ГОСТ 27,4-30,1%% против требуемого - не менее 35% .

Технологические испытания на сплющивание показали, что всех образцах имеются надрывы и неглубокие поверхностные трещины (рис.5).

Определение наличия остаточных растягивающих напряжений ускоренным методом (первый способ приложений 2 ГОСТ [2]) производились в водном растворе азотнокислой ртути. Образцы испытания выдержали, а имеющиеся наружные дефекты обозначились более наглядно.

Для металлографического анализа шлифы вырезались по продольным и поперечным дефектам, обнаруженным при визуальном контроле. На рис. 6 показаны трещины, образовавшиеся по прикатанному продольному выступу- закату, расположенному под углом к поверхности и рванине, расположенной поперек оси трубы. На рис.7 показана трещина, образовавшаяся по отслоению металла «языкообразной» форме- плене. В устье трещина окислена, глубина ее составляет 0,21 мм.

Все исследуемые трубы имели наружные технологические дефекты металлургического производства и были не пригодны для установки.

Другим случаем, может быть пример, когда станцией не был проведен входной контроль металла труб и при гидравлических испытаний первых 44 полусекций конвективного пакета котла ПТВМ-50 обнаружены сквозные трещины на трубах 13 полусекций. Трубы изготовлены были на трубном заводе с гарантированными гидроиспытаниями. Согласно сетификатным данным материал труб- сталь марки 20.

Для определения состояния металла проведен входной контроль неустановленных труб. Геометрические размеры труб по наружному диаметру и толщине стенки находятся в пределах допустимых отклонений согласно ГОСТа.

Визуальным контролем на семи представленных трубах обнаружены недопустимые дефекты в виде трещин, подрезов и рванин на наружной поверхности, расположенные по пологой винтовой линии, соответствующей шагу подачи, а также сходящиеся трещины под углом к образующей в виде поперечного «язычка» (рис.8). При изготовлении образцов под механические испытания выявлены сквозные параллельные трещины длиной 10-12 мм (рис.9).

Все образцы, вырезанные из труб, технологические испытания на сплющивание не

выдержали. Сходящиеся трещины раскрылись под углом к образующей в виде поперечного «язычка». Трещины имеют различие по своему строению: поверхность трещин волокнистого строения темная, окисленная на всю или ½ толщины стенки трубы- начальная зона разрушения; поверхность других трещин более хрупкая, светлая с металлическим блеском- зона долома (рис.10).

Микроструктура металла исследуемых труб однотипна, удовлетворительная, состоит из феррита, перлита и карбидов, расположенных по полю и границам ферритных зерен. На рис.11,12 показан характер распространения трещин. Трещины окислены, края их обезуглерожены, дно трещин острое, что доказывает металлургическое их происхождение. Некоторые трещины (рис.11) не имеют выхода на поверхности труб и являются расслоением внутри металла, что также указывает на нарушение технологии изготовления труб (видимо, некачественная настройка прошивного стана). Данные трубы имеют недопустимые металлургические дефекты и не пригодны для изготовления поверхностей нагрева котлов.

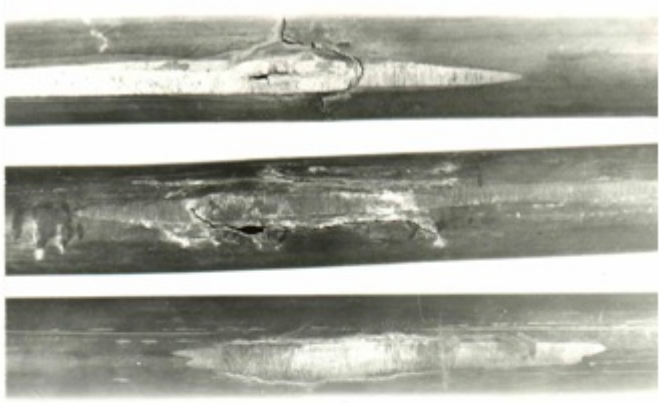


Рис. 1



Рис. 2 ×100

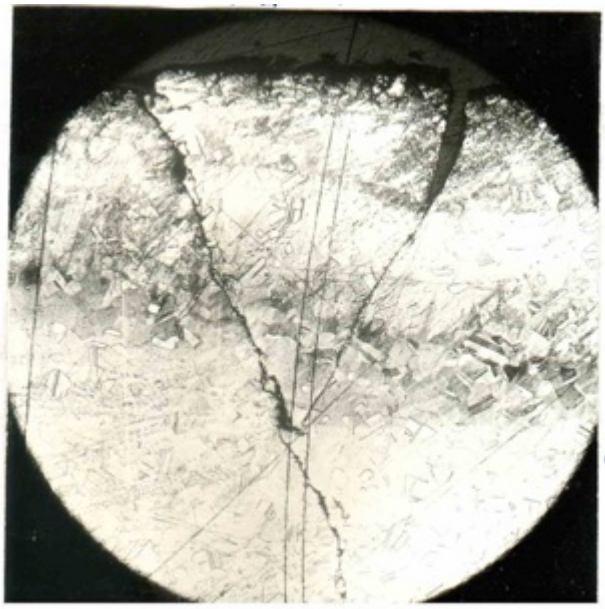
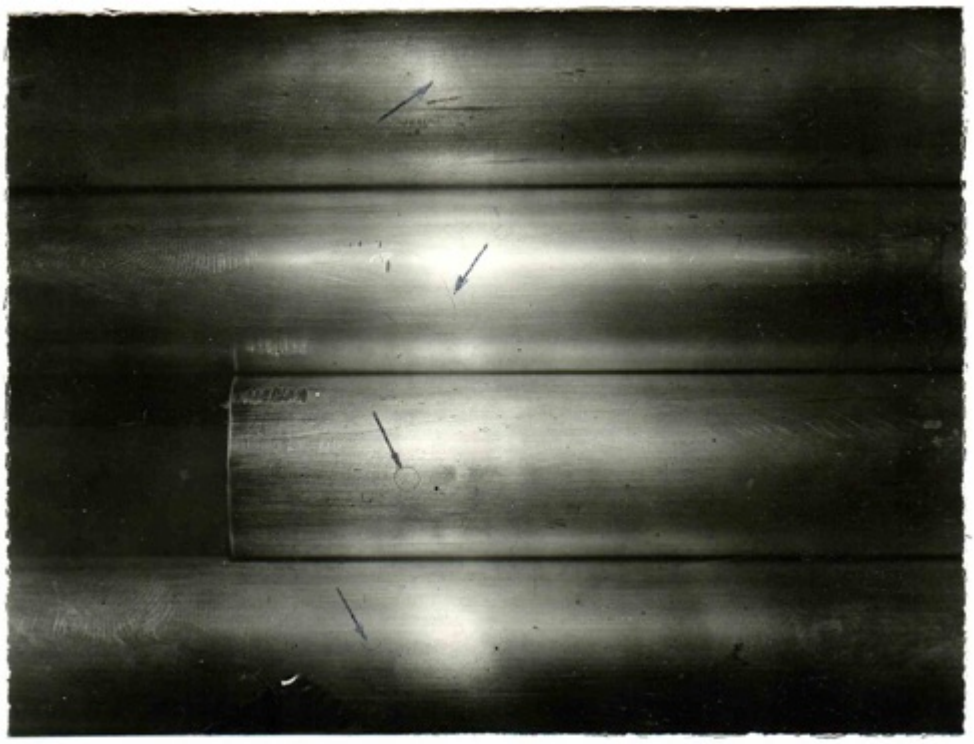
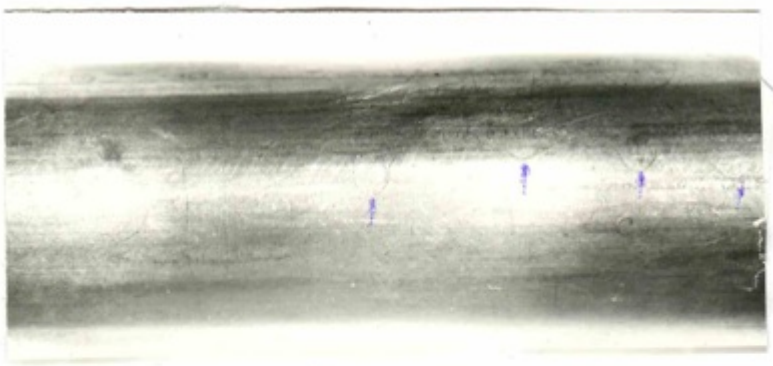


Рис 3





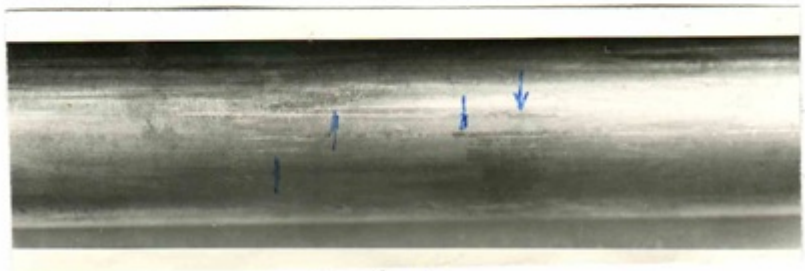


Рис. 4

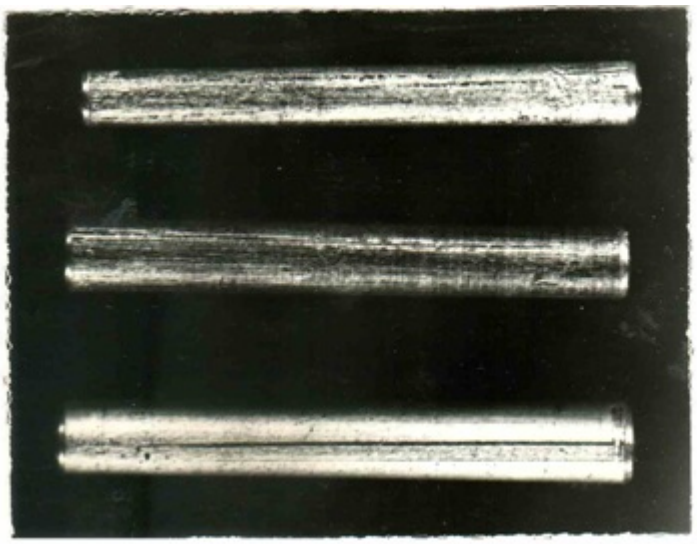


Рис. 5



×100

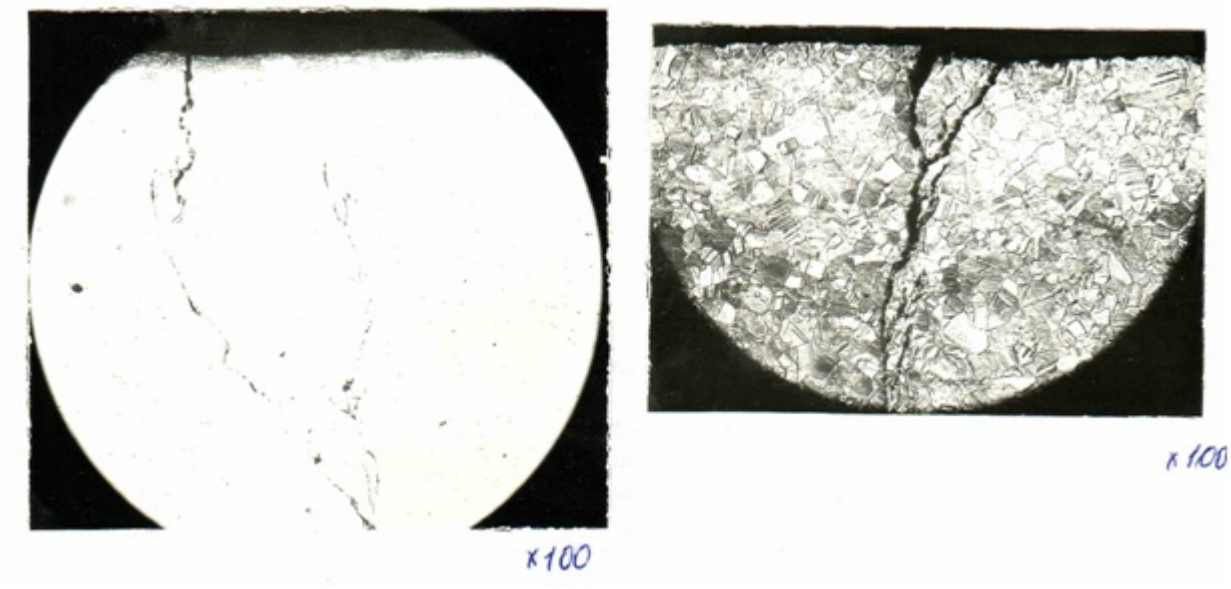


Рис. 6



Рис. 7 ×100

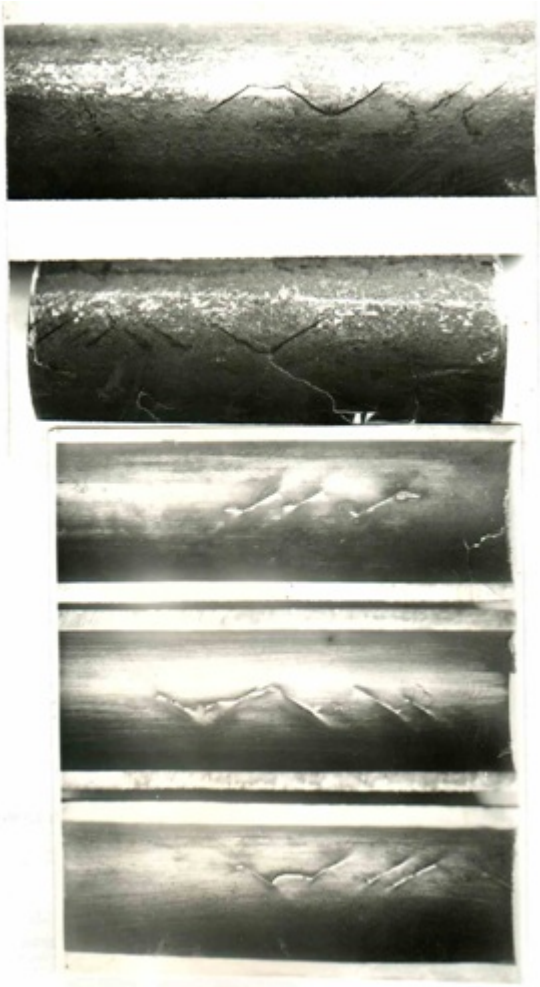


Рис. 8

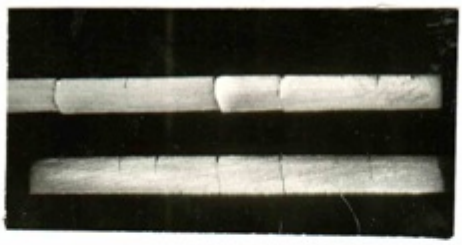


Рис. 9



Рис. 10

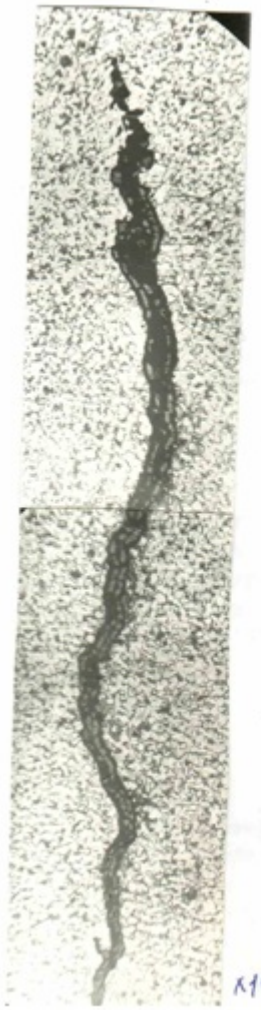




Рис. 12 x65

Рис.11

Используемая литература:

1. ГОСТ 15527 «Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки»

2. ГОСТ 21646 « Трубы латунные для теплообмнных аппаратов. Технические условия»