

Оборудование Инструмент

для профессионалов

№ 4 (51) 2004



автоматическая газовая резка металлов.
Компания «ВТОГЕНМАШ» - производство ОАО «ЗОНТ»

ВТОГЕНМАШ

СПЕЦВЫПУСК

В НОМЕРЕ:

- ◆ «Пумори»:
высокотехнологичный
инжиниринг
- ◆ СТВ-400: практическое
совершенство
- ◆ Стандарт, опасный
для жизни
- ◆ Полимеры варит...
ультразвук
- ◆ Давление в норме?
Проверьте!

жеторога. Внешний вид имеет и для инженерной практики несомненную привлекательность. Использование метода оребрения в качестве технологии для обработки трубопроводов и теплообменников впервые было предложено в 1998 году в докторской диссертации Н.Н. Зубкова.

Н.Н. ЗУБКОВ, д.т.н.,
НИИКМ и ТП, МГТУ им. Н.Э. Баумана

В последние годы в практике инженерной деятельности появился ряд новых методов обработки трубопроводов и теплообменников, которые позволяют получать высококачественные поверхности с минимальным количеством дефектов. Одним из таких методов является метод деформирующего резания (ДР), разработанный в НИИКМ и ТП МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Уникальный метод, объединяющий в себе достоинства процессов резания и обработки давлением, на практике дал неожиданный результат – не "сложение", а "умножение" преимуществ. С его помощью можно получать внутреннее ширкование поверхности труб, микрощелевые теплообменники, поверхности трения с уникальными характеристиками. Частный случай – получение высокоэффективной наружной поверхности теплообмена.

Обработка труб теплообменников деформирующими резанием

Инструментальный блок установки оребрения труб.

По данным Международной группы изучения меди, мировое потребление этого металла и его сплавов за 2003 г. составило 15,7 млн т. Понятно, что во всем мире остро стоит проблема экономии меди, внедрения технологий, снижающих количество отходов при выпуске изделий из этого ценного металла. Кстати, в Украине действует "Комплексная программа развития цветной металлургии до 2010 г.", предусматривающая как наращивание производства большинства цветных металлов до объемов начала 90-х годов, так и решение вопросов сохранения производственного потенциала отрасли, повышение технического уровня и качества продукции, снижение энергоемкости производства, внедрение техники и технологий, отвечающих лучшим достижениям мировой практики.

Большая часть из мирового потребления меди (и украинские предприятия здесь – не исключение) приходится на изготовление теплообменных устройств различного назначения – конденсаторов паровых турбин, промышленных теплообменников, используемых на машиностроительных, химических, неф-

технических и других предприятиях, теплообменников судовых энергостанций, опреснителей воды, испарителей и конденсаторов холодильных и кондиционирующих машин.

В настоящее время практически единственным методом развития наружной поверхности теплообменных труб, используемым в серийном производстве, является традиционный метод накатки ребер роликами. Однако он существенно ограничивает возможные типоразмеры получаемого оребрения.

Потенциальные возможности нового, запатентованного в 11 странах безотходного метода деформирующего резания (ДР) были изложены в №12/2003 г. Тех-

перь мы можем более подробно рассмотреть вопросы развития наружной поверхности теплообменных труб методом ДР, который позволяет повысить технический уровень продукции за счет сокращения габаритов и металлоемкости теплообменной аппаратуры. При оребрении труб этот метод может быть реализован как на обычных токарных станках, так и на специальной установке большой производительности.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДР НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

В этом случае можно получать мелкошаговое оребрение с шагом от 0,2 до 2,5 мм с шириной межреберного зазора



Специфика метода деформирующего резания в том, что лезвийный инструмент, в отличие от обычного режущего, имеет только вспомогательную кромку. Вместо отделения стружки образуется макрорельеф на обрабатываемой поверхности. Для реализации метода нужно, чтобы коэффициент относительного удлинения материала был не менее 18%.

от 0,02 до 1,5 мм. Максимальная высота ребер при обработке меди составляет до 7 шагов оребрения. Ширина межреберного зазора составляет 10...65% (обычно 50%) от величины шага оребрения. Площадь наружной поверхности трубы после обработки увеличивается почти в 14 раз.

При обработке методом ДР других цветных сплавов (в т.ч. титана) и сталей максимальная высота ребер составляет 3...5 шагов оребрения. Высота ребер ограничивается также исходной толщиной стенки трубы и не может быть больше ее значения.

Использование токарных станков позволяет легко перенастраивать оборудование для получения оребрения различных типоразмеров на заготовках диаметром от 6 мм и более. Для длинномерных трубных заготовок их диаметр ограничен только размером отверстия шпинделя станка. Возможна обработка теплообменных труб с исходной толщиной стенки от 0,5 мм и более. Минимальная остаточная толщина стенки после оребрения составляет 0,15 мм. Внутренний диаметр трубы после получения на ней ребер методом ДР не изменяется.

Труба после обработки удлиняется незначительно. Удлинение в наибольшей степени зависит от остаточной толщины стенки. Если она составляет около 0,5 мм, то наблюдается удлинение трубы до 1% (материал трубы — мельхиор, шаг оребрения — 0,8 мм, высота ребер — 2,0 мм). При значениях остаточной толщины стенки более 1 мм удлинения трубы практически не наблюдается (не более 0,1%). Диаметр обработанной трубы превышает исходный диаметр трубной заготовки на величину, примерно равную высоте полученных ребер.

Чем пластичнее материал трубной заготовки, тем шире возможности метода ДР, однако работа на обычном токарном станке с длинномерными отожженны-

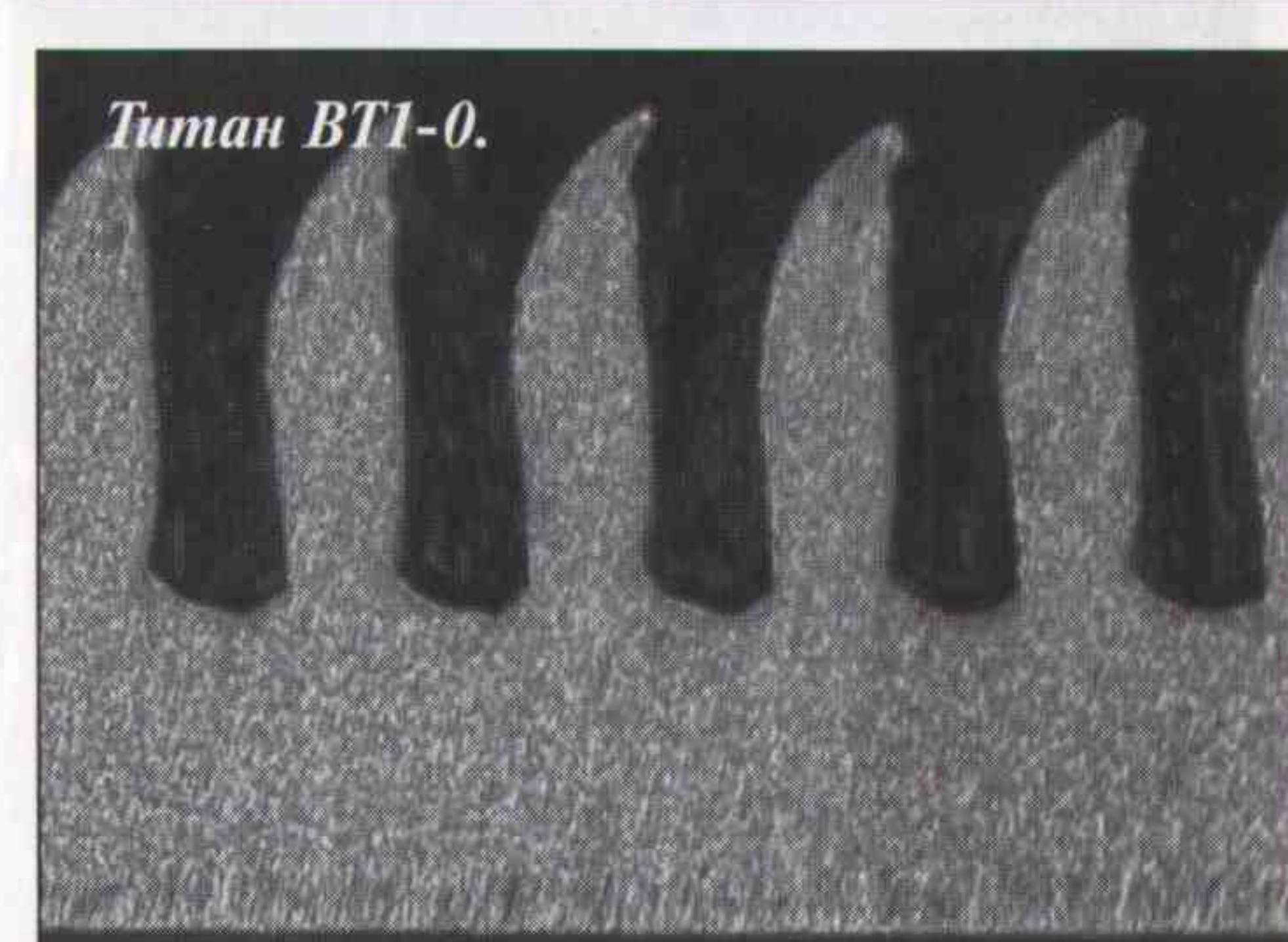
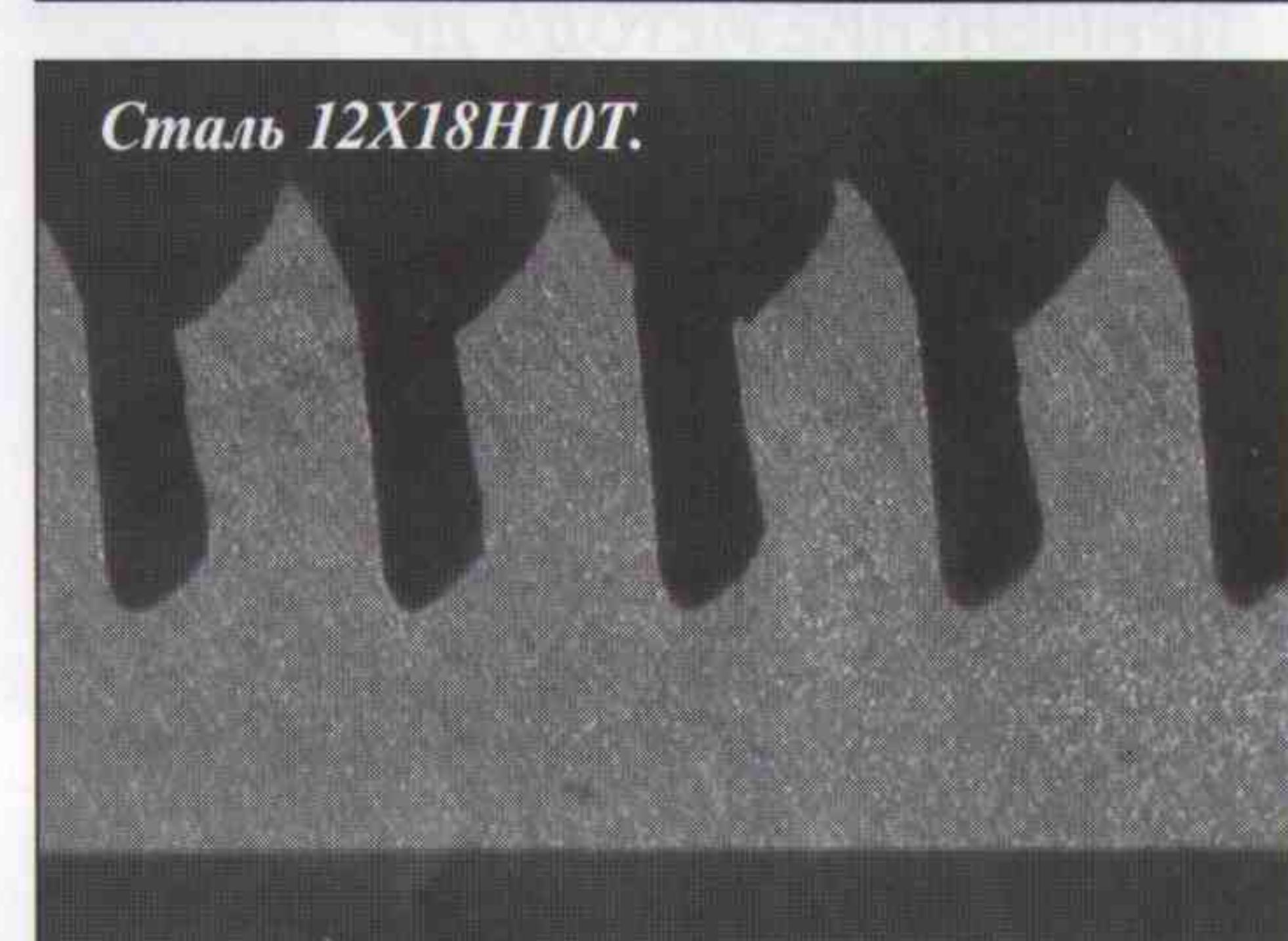
ми заготовками неудобна, поскольку они (особенно медные) легко гнутся, и требуются дополнительные мероприятия по устранению изгиба труб. По этой причине в качестве заготовок из цветных металлов (медь, алюминий) рекомендуется использовать неотожженные трубные заготовки. При оребрении стальных, титановых или медно-никелевых труб целесообразно использование отожженных, более пластичных заготовок, которые при этом имеют достаточную для техпроцесса жесткость.

Смазочно-охлаждающие жидкости при обработке методом ДР не требуются. Это является дополнительным преимуществом по сравнению с накаткой роликами, поскольку отпадает потребность в экологически вредной очистке труб в химических растворах.

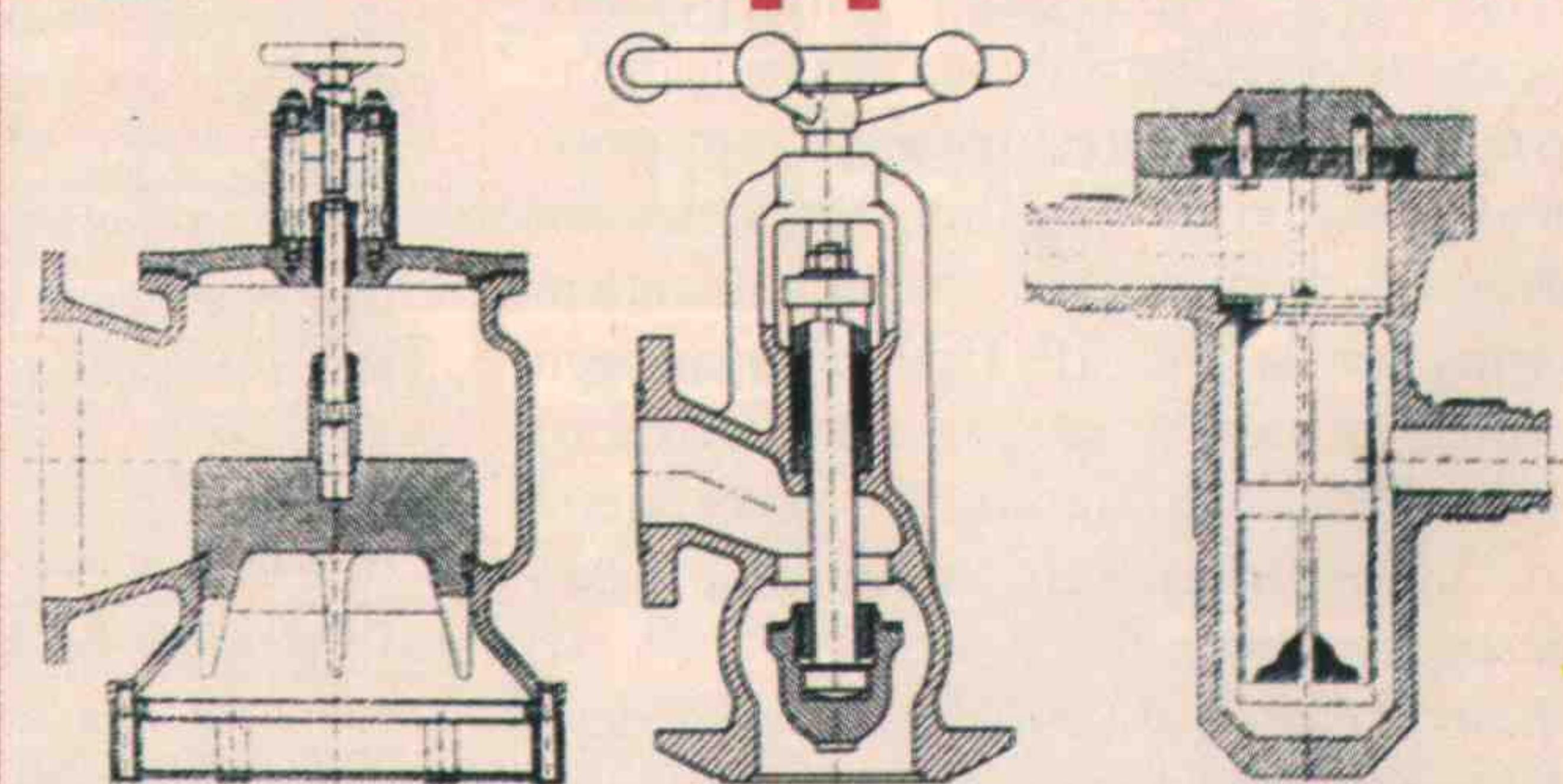
При оребрении труб на обычном токарном станке обязательно наличие подвижного люнета и поддержек вращающейся трубы. Скорость резания (скорость вращения заготовки) при оребрении труб из цветных сплавов твердосплавным инструментом ограничивается требованиями безопасности работы при вращении длинномерной трубной заготовки. Обычно она составляет не более 800 об/мин. Для коротких труб можно выбирать максимальное для данного типа станка значение числа оборотов. Трубы с длиной, большей величины хода продольного суппорта станка, обрабатываются последовательными участками. При этом на трубе остаются неоребренные переходные участки длиной несколько миллиметров, связанные с вводом-выводом инструмента в конце каждого участка оребрения.

Производительность ДР метода при оребрении труб на обычном токарном станке зависит от заданного шага оребрения и допустимой частоты вращения трубы, а также времени на вспомогательные операции.

Вспомогательные операции включают установку трубы, ее зажим, подвод и отвод инструмента, перезакрепление трубы (для труб, у которых длина оребрения больше величины хода продольного суппорта станка), разжим и съем трубы. Производительность оребрения (без учета подготовительно-заключительного времени) при обработке на токарных станках составляет



КУПИМ ДОРОГО!



судовую арматуру и оборудование

+7 (812) 184-5849, 184-1753 • Sud_arm@mail.ru

$$Q = N \cdot S, \text{ м/мин},$$

где N (об/мин) – число оборотов шпинделя, S (м) – шаг оребрения. Например, при частоте вращения шпинделя 1200 об/мин и шаге оребрения 0,8 мм производительность составит 0,96 погонных метра оребренной трубы в минуту.

Для реализации процесса ДР могут быть использованы токарные станки как с ручным, так и с программным управлением. При наличии автоматического патрона станки с ЧПУ обеспечивают возможность перестановки длинной трубы в автоматическом цикле.

При использовании токарных станков возможно получение ребер с разрывами по их вершинам или шипов. Варианты профилей оребрения, полученных на различных металлах при использовании токарных станков, а также внешний вид теплообменной поверхности в виде шипов показаны на рисунках.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДР НА СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

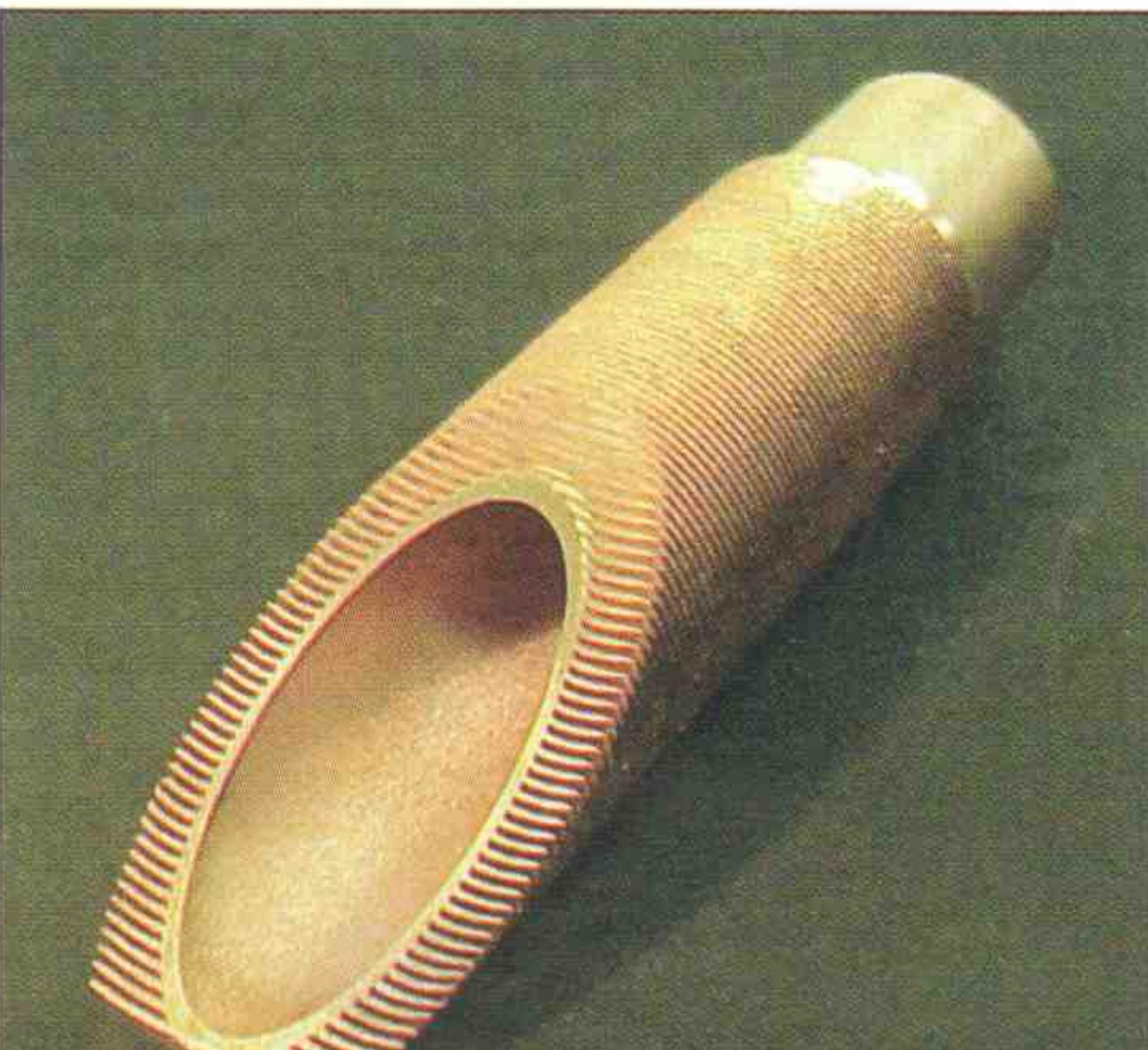
Существенно повысить производительность оребрения позволяет многоинструментальная схема реализации метода ДР при отказе от вращательного движения трубной заготовки. Эта схема была реализована в специализированных установках оребрения труб, выполненных на базе станины и шпиндельного узла токарного станка.

Установка содержит инструментальный блок, устройство подачи трубной заготовки и компенсации крутящего момента от сил ДР, устройство перемещения инструментов на заданную глубину резания и устройства поддержки трубной заготовки и оребренной трубы.

По сравнению с однорезцовой обработкой, инструментальный блок с тремя резцами позволяет в 3 раза повысить производительность процесса оребрения. Снимаются также ограничения на скорость главного движения резания, вытекающие из требований техники безопасности. Само оребрение получается 3-заходным.

Наиболее удачная конструкция инструментального блока была выполнена на базе стандартного клинового автоматического патрона, на кулачках которого закреплены твердосплавные инструменты для ДР. Привод кулачков осуществлялся от гидравлического или пневматического цилиндра, закрепленного с левой стороны шпинделя через пустотелую тягу.

Блок подачи трубной заготовки осуществляет линейное перемещение трубы вдоль оси с заданной скоростью по направлению к инструментальному



Косой срез теплообменной трубы.

блоку, одновременно компенсируя крутящий момент на трубе от воздействия инструментов.

Установка оребрения труб может быть оснащена магазином на 100 трубных заготовок и устройствами автоматики для подачи заготовки в зону обработки, а также выгрузки готовой оребренной трубы.

ДОСТОИНСТВА ТРУБ С ОРЕБРЕНИЕМ, ПОЛУЧЕННЫМ ПО МЕТОДУ ДР

Проведенные исследования показали высокую эффективность труб, оребренных по методу ДР, при их использовании в конденсаторах и испарителях холодильных и криогенных установок. По результатам теплофизических ис-

пытаний установлена оптимальная геометрия оребрения для кипения и конденсации хладонов: ширина межреберного зазора составляет 0,1...0,3 мм при высоте ребер 0,5...1,0 мм для кипения и 0,38...0,5 мм при высоте ребра 1,8...2,5 мм для конденсации при толщине ребра, равной ширине межреберного зазора.

При испытаниях труб как в режиме кипения, так и конденсации хладонов выявлено увеличение коэффициент тепловой эффективности на 35...51% для труб, оребренных по методу ДР, по сравнению с трубами, оребренными накаткой. Для шипованных труб получено дополнительное повышение тепловой эффективности на 15%.

Установлено, что при испарении азота оребрение, полученное методом ДР на алюминиевых трубах, с шириной межреберного зазора 0,24 мм повышает плотность снимаемого теплового потока в 3,5...5,0 раз по сравнению с накатным оребрением и в 13...18 раз по сравнению с гладкой трубой.

Производственные испытания труб, оребренных по методу ДР, доказали возможность сокращения материала kosti по меди, а также габаритов теплообменных аппаратов на 28% при сохранении их характеристик по сравнению с аналогичными на основе труб, оребренных методом накатки роликами.

Характеристики установки оребрения труб

| | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Габаритные размеры установки, мм | 2150x1450x1200 |
| Масса установки, кг | 1260 |
| Мощность привода вращения шпинделя, кВт | 5,0 |
| Мощность привода подачи трубной заготовки, кВт | 0,4 |
| Напряжение питания, В | 380 |
| Требуемое давление сжатого воздуха, МПа | 0,4 |
| Частота вращения шпинделя, об /мин | 1600 |
| Производительность установки, погонных м /мин | 4,8xS, где S – шаг оребрения в мм |
| Диаметр трубной заготовки, мм | 16...20 |
| Толщина стенки трубной заготовки, мм | не менее 1,5 |
| Материал трубной заготовки | Медь, латунь, медно-никелевые сплавы |
| Длина обрабатываемых трубных заготовок, м | 3...8 |
| Стойкость инструментов до их замены при обработке меди, мин | 80 |

Характеристики оребрения, получаемого на установке оребрения труб

| | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Число заходов оребрения | 3 |
| Шаг оребрения (между соседними заходами), S, мм | 0,3...1,7 |
| Максимальная высота оребрения, мм | До 4xS, но не более толщины исходной стенки трубы |
| Неравномерность шага, мм | Не более 0,1xS |
| Отношение ширины канавки к толщине ребра | 0,2...1,1 |
| Минимальная остаточная толщина стенки оребренной трубы, мм | 0,3 |
| Возможность получения неоребренных участков заданной длины | Имеется |
| Длина неоребренной части заходного конца оребренной трубы, мм | 10 и более |
| Длина неоребренной части выходного конца оребренной трубы, мм | 200 и более |