

Т. Н. Буряк

ГП «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт трубной промышленности им. Я. Е. Осады» (ГП «НИТИ»), Днепропетровск

Перспектива использования недеформированных заготовок для производства труб ответственного назначения

Проанализированы и обобщены результаты получения труб из высоколегированной коррозионностойкой стали с использованием недеформированных литых заготовок (НЛЗ). Комплексная оценка качества показала соответствие труб требованиям стандартов.

Ключевые слова: трубная заготовка, отливка, труба, коррозионностойкая сталь, технология

Мониторинг использования на заводах Украины трубной заготовки из высоколегированной коррозионностойкой стали показывает, что доминирует деформированный металл (послековки, сортовой прокатки и др.). При этом, в мировой практике отмечаются существенные новации в сфере производства заготовки и труб из указанной стали. Это связано с модернизацией действующего производства, строительством новых заводов с замкнутым циклом от выплавки металла до получения труб и изделий из них.

В частности, в настоящее время активизировались работы в таком перспективном направлении как использование недеформированных заготовок, полученных способом центробежного и непрерывного литья [1-4].

Следует отметить, что долгое время применение литых заготовок из высоколегированной коррозионностойкой стали было ограниченным из-за высокой склонности материала к химической и структурной неоднородности. При этом технология получения ковальной или горячекатаной заготовки, сформированной из слитка квадратного или прямоугольного сечения, характеризуется многоциклическостью со значительными энергетическими затратами, а структура – неоднородностью, связанной с наличием

ликвационного квадрата, а также разнородностью, неравномерным распределением неметаллических включений и ферритной фазы [4, 5].

Меры, существующие в современной электрометаллургии и обеспечивающие качество литых заготовок, достаточно разнообразны и эффективны. К основным из них относят: продувку жидкого расплава газовыми смесями; механическое или электромагнитное перемешивание; управление процессом формирования структуры при кристаллизации; отливку слитков круглого сечения, в том числе полых и др. В комплексе это позволяет уменьшить макроликвацию, снизить концентрацию неметаллических включений и вредных примесей [3, 5, 6].

В данной работе проанализированы результаты разработок, выполненных автором с коллегами в ГП «НИТИ», по применению недеформированных трубных заготовок. Исследованы трубы диаметром от 12 до 325 мм.

Материал исследования – высоколегированная коррозионностойкая сталь марок 08X18H10T, TP 304 (аналог 04X18H10), 03X18H11 (аналог TP 304L), 03X17H14M3 (аналог TP 316L). Трубные заготовки получены способом стационарного, непрерывного и центробежного литья (рис. 1).

Из приведенных на рис. 1 изображений видно,

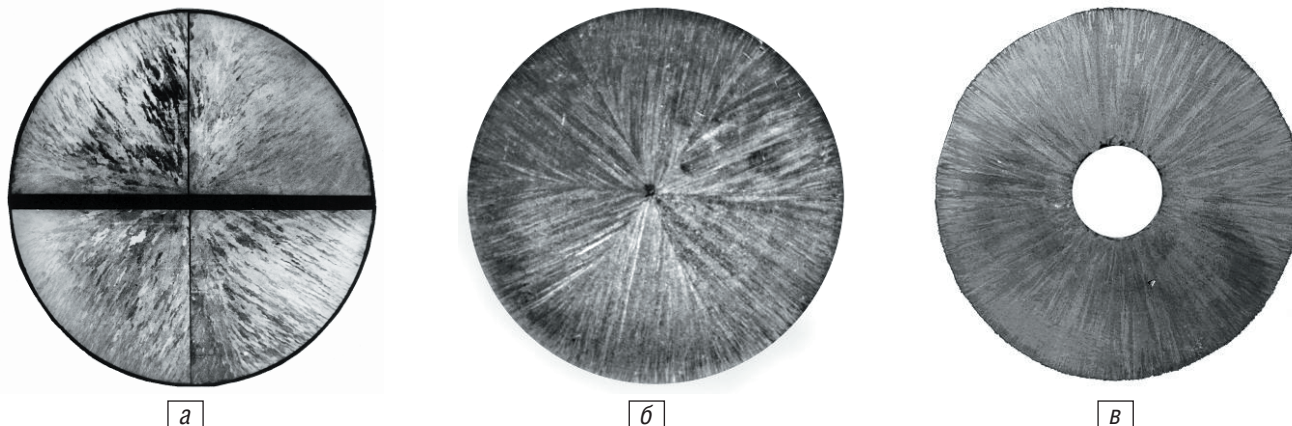


Рис. 1. Макроструктура заготовок: стационарнолитая, Ø 530 мм, сталь марки 08X18H10T (а); непрерывнолитая, Ø 180 мм, сталь марки TP 316L (б); центробежнолитая, Ø 135 мм, сталь марки TP 304 (в)

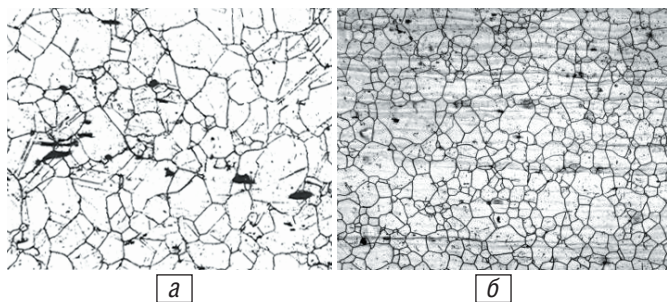


Рис. 2. Микроструктура горячедеформированных труб, полученных из стационарно- (а) и непрерывнолитой (б) заготовок, $\times 100$: труба $\varnothing 325 \times 16$ мм, сталь марки 08Х18Н10Т (а); труба $\varnothing 114,0 \times 6,3$ мм, сталь марки TP 316L (б)

что макроструктуру заготовок составляют преимущественно столбчатые кристаллы.

Известно, что направленная кристаллизация способствует как уменьшению ликвации высоколегированной аустенитной стали, так и повышению плотности металла по сравнению с отливками с классической трехзонной структурой, стыкующей столбчатую и равноосную зоны.

Вопреки общепринятым представлениям о необходимости подвергать слитки из высоколегированной аустенитной стали предварительной обработке давлением с относительно небольшими степенями деформации (уков от $\geq 2,6$ до ≥ 5), установлена и показана возможность изготовления труб из литой заготовки с большими степенями деформации ($E \geq 50$, вытяжка $\mu = 7-22$). Правильно выбранные схема и величина деформации (способами прессования, пилигримовой прокатки) позволяют трансформировать исходную дендритную структуру в рекристаллизованную с относительно мелким однородным зерном без выполнения термической обработки труб (рис. 2).

Горячедеформированные трубы из литых заготовок обладают высоким комплексом механических свойств (табл. 1). По своим параметрам они соответствуют требованиям стандартов и технических условий (ГОСТ 9940, ТУ 14-3-197, ASTM A312).

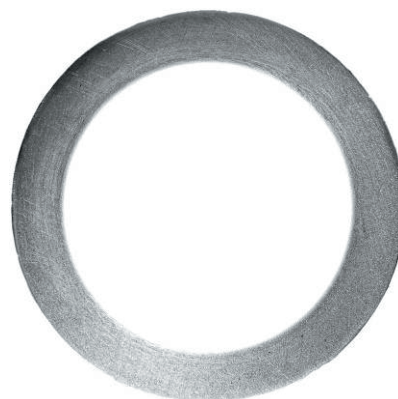
Анализ макроструктуры и состояния поверхности труб из НЛЗ, полученных способом прессования, показал отсутствие остатков непродеформированной литой структуры. Браковочные дефекты в виде плен, трещин и других также не наблюдаются (рис. 2). Таким образом, по совокупности характеристик горячедеформированные трубы из литых заготовок могут быть использованы в качестве передельных и/или готовых товарных.

Обобщенные данные по трубам, изготовленным способами теплой и холодной прокатки из передельных горячепрессованных труб, представлены в табл. 2

В исследуемом массиве данных все пакеты труб прошли приемо-сдаточные испытания по 100%-ному неразрушающему контролю, механическим свойствам, межкристаллитной коррозии, геометрическим размерам, качеству поверхности, микроструктуре и т. д.



а



б

Рис. 3. Внешний вид (а) и макроструктура (б) горячепрессованной трубы, полученной способом прессования из НЛЗ: сталь марки TP 316L, $\varnothing 114 \times 6$ мм (а); сталь марки TP 304L, $\varnothing 95 \times 4$ мм (б)

Величина зерна, как правило, составляет № 8, 9. Это подтверждает целесообразность использования литых недеформированных заготовок для производства труб из высоколегированной коррозионностойкой стали.

Дополнительно следует отметить, что в ГП «НИТИ» разработаны также технологии изготовления труб из сплавов на основе меди, циркония, титана с использованием недеформированных заготовок, полученных способом стационарного и центробежного литья, литья с промежуточной емкостью [7, 8].

Причины, сдерживающие широкое применение литых заготовок для получения труб ответственного назначения, заключаются в том, что в технических условиях на трубы регламентируется использование заготовки послековки, прокатки или прессования. Поэтому целесообразно продолжить работы с недеформированной заготовкой из высоколегированной

Таблица 1

Механические свойства горячедеформированных труб, полученных из литых заготовок

Марка стали (способ получения заготовки)	Размер труб, \varnothing мм	Предел прочности, σ_B , Н/мм ²	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	Относительное удлинение, δ_5 , %	Примечание
08Х18Н10Т (СЛЗ)	325,0 \times 16,0	568-578	260-304	65-79	2 партии
TP 316L (НЛЗ)	114,0 \times 6,3	610	290	55	1 партия
TP 304 L (НЛЗ)	95,0 \times 14,0	570	285	57	1 партия
03Х17Н14М3 (ЦЛЗ)	71,0 \times 8,0	539-593	275-294	60-63	6 партий

Примечание: СЛЗ – стационарнолитая заготовка; НЛЗ – непрерывнолитая заготовка; ЦЛЗ – центробежнолитая заготовка

Механические свойства тепло- и холоднодеформированных труб, полученных с использованием исходных литых заготовок

Таблица 2 способами непрерывного, центробежного и стационарного литья.

Марка стали (способ получения заготовки)	Размер труб, Ø мм	Предел прочности, σ_B , Н/мм ²	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	Относительное удлинение, δ_5 , %	Примечание
ТР 316L (НЛЗ)	114,00×3,05	550	270	61,0	1 партия
ТР 316L (НЛЗ)	45,00×4,10	620	310	51,0	1 партия
ТР 304 (ЦБЛЗ)	30,16×1,65	617-706	280-309	33,5-35,5	3 партии
03X17H14M3 (ЦБЛ)	12,00×1,00	583-608	270-304	48,5-49,0	6 партий
Нормы ASTM A213	-	≥ 515	≥ 205	≥ 35,0	-

коррозионностойкой стали для накопления статистических данных с целью внесения в нормативную документацию на трубы. Перспективным является дальнейшее развитие направления по использованию литых трубных заготовок из цветных металлов, в частности титана и циркония.

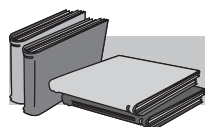
Выводы

1. Выполнен комплекс работ по исследованию технической возможности получения труб из недеформированной трубной заготовки высоколегированной коррозионностойкой стали, изготовленной

2. Подтверждена целесообразность получения качественных труб из литых недеформированных заготовок. Для этого разработаны технологические параметры изготовления труб и выполнена комплексная оценка качества металла по всему технологическому переделу.

3. Использование литой недеформированной заготовки дает заметный технико-экономический эффект благодаря сокращению цикличности технологического процесса (прежде всего исключениековки), снижению затрат металла и энергоносителей и, следовательно, себестоимости труб.

4. У изготовленных из литых недеформированных заготовок труб широкого размерного сортамента (горяче-, тепло-, холоднодеформированных) однородная структура и высокий уровень механических свойств, которые по качеству поверхности и другим показателям соответствуют нормативным требованиям.



ЛИТЕРАТУРА

1. Ляльков А. Г. Модернизация производства и получение новых видов сварных и бесшовных труб // Сталь. – 2008. – № 11. – С. 92-93.
2. Инновации в производстве коррозионностойкой стали / Й. Шнальцгер, Г. Штаудингер, К. Мервальд, А. Юнгбауэр // Там же. – 2006. – № 5. – С. 53-57.
3. Получение труб из непрерывнолитой заготовки высоколегированной стали / Г. Г. Шепель, Т. Н. Буряк, Н. В. Ярошенко, А. А. Терещенко // Там же. – 2010. – № 7. – С. 118-120.
4. Обеспечение качества труб из коррозионностойких сталей по зарубежным стандартам / Т. Н. Буряк, В. С. Вахрушева, Н. В. Ярошенко, А. М. Леткин // Там же. – 2009. – № 6. – С. 60-63.
5. Буряк Т. Н., Вахрушева В. С., Лезинская Е. Я. Формирование структуры и свойств в горячедеформированных трубах из коррозионностойкой стали для энергомашиностроения // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2003. – № 1. – С. 60-63.
6. Буряк Т. М. Металознавчі аспекти одержання високоякісних труб з металу газокисневого рафінування // Металознавство та обробка металів. – 2009. – № 4. – С. 32-36.
7. Использование литых заготовок нового типа для производства труб из титана / В. С. Вахрушева, Т. Н. Буряк, С. В. Ладохин, Н. И. Левицкий // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2001. – № 1. – С. 60-63.
8. Влияние химического состава и способа изготовления трубной заготовки на температурно-деформационные параметры процесса горячей деформации труб из сплава Zr1Nb / Т. Н. Буряк, В. С. Вахрушева, Н. В. Ярошенко и др. // Вопросы атомной науки и техники (сер: ФРГиРМ). – 2002. – № 3 (81). – С. 83-87.

Анотація

Буряк Т. М.

Перспектива використання недеформованих заготовок для виробництва труб відповідального призначення

Проаналізовано та узагальнено результати отримання труб із високолегованої корозійностійкої сталі з використанням недеформованої литої заготовки (НЛЗ). Комплексна оцінка якості показала відповідність труб вимогам стандартів.

Ключові слова

трубна заготовка, відливка, труба, корозійностійка сталь, технологія

Summary

Buryak T.

Perspective of the undeformed billets use for production of high loaded tubes

The results of receiving of tubes made of high-alloyed stainless steel with the use of the undeformed cast billets are analysed and generalized. The complex estimation of quality showed the conforming of tubes to standard requirements.

Keywords

round billets, casting, tube, stainless steel, technology

Поступила 08.06.11

УДК 621.78:532.525.6

Э. Е. Бейгельзимер

НПО «Доникс», Донецк

К расчету длины зоны интенсивного охлаждения листового проката водяными завесами

Рассмотрена задача расчета длины отгона гидравлического прыжка от места натекания широкой плоской струи жидкости на верхнюю поверхность горизонтальной полосы. В традиционных разделах гидравлики подобная задача в общем случае решается либо численными методами, либо с использованием достаточно громоздких приближенных формул. Указано более простое решение этой задачи для частного случая плоскопараллельного движения жидкости по широкому призматическому руслу с нулевым уклоном. Предложенные формулы могут быть использованы в инженерных расчетах процессов охлаждения широких металлических полос и листов водяными завесами, в том числе в задачах управления такими процессами в режиме реального времени.

Ключевые слова: плоская струя жидкости, металлическая полоса, плоский гидравлический прыжок, длина отгона прыжка, инженерный расчет

Введение. Для охлаждения металлических полос (листов) часто используют широкие плоские струи жидкости. Такая струя, в общем случае, может натекать под углом к охлаждаемой поверхности и образует непрерывную завесу по всей ширине полосы. Жидкость растекается по листовой поверхности в обе стороны от места падения струи, образуя два плоскопараллельных потока. На верхней поверхности листа при этом в каждом из этих потоков, как правило, наблюдается «гидравлический прыжок» – скачкообразное увеличение толщины слоя жидкости. Явление гидравлического прыжка

связано с наложением собственного течения жидкости с движением поверхностных волн против течения [1, с. 326]. По аналогии со случаем растекания круглой струи [2] область верхней поверхности листа, ограниченную гидравлическими прыжками по обе стороны от места натекания плоской струи, можно назвать «пятном контакта струи». Соответственно, общий тепловой поток Q_{Σ} , отводимый одной плоской струей, может быть представлен в виде двух составляющих: теплового потока внутри пятна контакта Q_s и за его пределами Q_f : $Q_{\Sigma} = Q_s + Q_f$. Наиболее интенсивный теплоотвод наблюдается при этом в пятне