

УДК. 621.774.35.016.3

Король Р.Н.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛА СВАРНОЙ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ

Впервые приведены результаты экспериментального исследования влияния знакопеременной деформации на структуру и механические свойства металла сварной заготовки, применяемой для изготовления прецизионных тонкостенных и особотонкостенных труб.

Вперше приведені результати експериментального дослідження впливу знакозмінної деформації на структуру та механічні властивості металу зварної заготовки, що використовується для виготовлення прецизійних тонкостінних і особливотонкостінних труб.

The results of the experimental investigation of the sign-alternating deformation influence on the structure and mechanical properties of metal of the welded pipe workpiece used for manufacture of precision thin-walled and especially thin-walled tubes have been presented for the first time.

Введение

Одним из перспективных направлений снижения цикличности производства и повышения точности тонкостенных и особотонкостенных труб, является использование сварной заготовки, изготовленной из холоднокатаной ленты, имеющей высокую точность по толщине [1, 2].

Проблема. В процессе холодной периодической прокатки сварной заготовки может происходить разрушение сварного шва, на трубах после прокатки имеют место продольные риски и трещины в переходной зоне основной металл – сварной шов, что не допускается. Как установлено в работе [1], появление трещин и рисков связано с наличием внутреннего грата заготовки и происходит вследствие неодинаковой деформации шва, околошовной зоны и основного металла, являющейся результатом неоднородности структуры и свойств по периметру трубы, или концентрации напряжений при прокатке на границе «шов – металл» из-за различной толщины стенки трубы в этой области. Все это приводит к тому, что сварная заготовка почти не используется для промышленного производства прецизионных труб.

Анализ исследований. Исследование изменения структуры и механических свойств основного металла, околошовной зоны и сварного

шва заготовки при различных режимах термической обработки и в процессе деформации на станах холодной прокатки проведено в работе [1]. Предложенная в данной работе технология получения тонкостенных и особотонкостенных труб из сварной заготовки на станах ХПТР, исключая процесс редуцирования, не получила промышленного применения.

В работе [2] была предложена рациональная энергосберегающая технология изготовления тонкостенных и особотонкостенных труб повышенной точности из сварной заготовки. Однако в вышеуказанных работах не проведены исследования влияния знакопеременной деформации на структуру и свойства шва и околошовной зоны сварной заготовки.

Влияние знакопеременного кручения на механические свойства при волочении стальной проволоки исследовано в работе [3]. Подтверждено, что вышеуказанное нагружение создает в упрочненном металле тенденции к разупрочнению.

Комплексное исследование влияния изгиба и кручения на механические свойства стальной проволоки проведено в работе [4].

Не исследованными являются вопросы изменения механических свойств и структуры металла шва и околошовной зоны сварной заготовки в процессе ее подготовки к прокатке на станах ХПТР по разработанной технологии [2].

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния знакопеременной деформации с посадкой по диаметру на свойства и структуру сварного шва, околошовной зоны и основного металла заготовки.

Результаты исследований. Для проведения исследований была отобрана опытная партия сварной заготовки в количестве 47 м размером 42Ч2Ч2350 мм из нержавеющей коррозионностойкой марки стали аустенитного класса 08Х18Н10Т, изготовленная по ГОСТ 11068-81 «Трубы из коррозионностойкой стали электросварные», на стане аргоно – дуговой сварки АДС 20-76. Наружный грат на заготовке был снят.

Заготовка была подвергнута термической обработке для снятия остаточных напряжений. Вышеуказанная обработка проводилась на установке индукционного нагрева (активная рабочая длина – 580 мм; тиристорный преобразователь частоты ТПЧ 250/2,4) по режиму: температура нагрева – 1150°С, скорость прохождения трубы – 0,84 м/мин, охлаждение на воздухе.

Установлено, что на отобранных после отжига образцах макроструктура заготовки по периметру неоднородна. На макрошлифе

сварного соединения шов имеет столбчатую, транскристаллитную структуру с повышенной травимостью в зоне сплавления. Структура основного металла и сварного шва плотная, трещин, рыхлости, пор, расслоений металла не обнаружено.

Исследования микроструктуры металла заготовки выполнялись на микроскопе отраженного света «Неофот - 21» при различных увеличениях. Оценка загрязненности металла труб неметаллическими включениями показала, что содержание карбонитридов не превышает 1,5 балла по методу Ш6 ГОСТ 1778–70.

Анализ микроструктуры сварного соединения показал, что шов исходной трубы состоит из нескольких участков: центральная часть шва состоит из неориентированных дендритов, в пограничной зоне дендриты расположены перпендикулярно линии сплавления.

Ярко выраженной зоны термического влияния в данной сварной заготовке не выявлено [5]. В околошовной зоне происходит процесс преобразования столбчатых кристаллов в равноосные зерна аустенита, одновременно образовались частицы ферритной фазы округлой формы.

Структура основного металла состоит из аустенита, карбидов и ферритной фазы (α -фазы). Ферритная фаза в исходном металле расположена в виде вытянутых вдоль направления прокатки волокон.

Опытная партия труб была подвергнута знакопеременной деформации на косовалковой правильной машине типа «И - 5626» в последовательно расположенных 3 парах валков. Было произведено несколько циклов деформации с постепенной посадкой заготовки по диаметру начиная с 0,2 мм, причем после каждого цикла осуществлялся разворот ее на 180°. Суммарная деформация по диаметру составила в среднем 4,4%. Знакопеременную деформацию осуществляли до появления концевых трещин в околошовной зоне.

При многократной правке с посадкой по диаметру на косовалковых правильных машинах заготовка подвергается сложной знакопеременной деформации продольного, поперечного изгибов и кручения.

В процессе знакопеременной деформации в наружных и внутренних слоях заготовки образовалась метастабильная фаза – мартенсит деформации Md (рис. 1) – это привело к поверхностному упрочнению. Мартенсит деформации расположен по линиям скольжения и представляет собой феррито - карбидную смесь. Эффект упрочнения внутренней поверхности с помощью дробеструйной обработки с последующей термической обработкой используется при производстве труб из нержавеющей марок сталей аустенитного класса для исключения

образования продольных трещин, рисок и «седины» на внутренней поверхности труб при редуцировании [8]. Таким образом, вышеуказанный эффект способствует предотвращению механизма трещинообразования в переходной зоне сварной шов – основной металл.

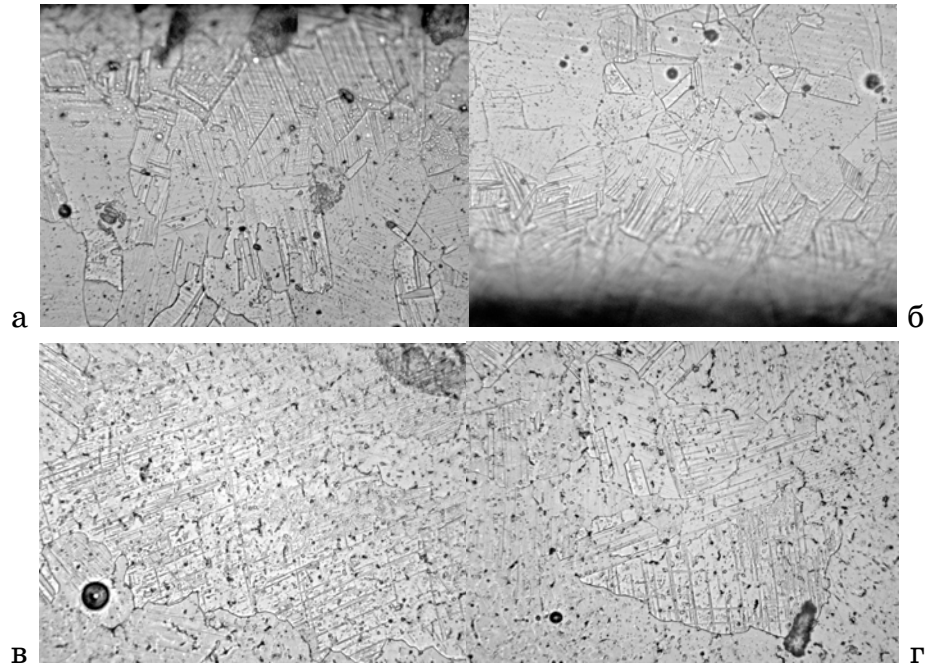


Рисунок 1 – Общий вид Md фазы в поверхностных слоях металла заготовки после деформационной обработки. ($\times 500$): а – наружная поверхность основного металла; б – внутренняя поверхность основного металла; в – наружная поверхность сварного шва; г – внутренняя поверхность сварного шва

Последующий гомогенизирующий отжиг провели в проходной роликовой печи типа СРО по режиму: время выдержки – 30 мин., температура нагрева – 1080°C, охлаждение на воздухе.

Знакопеременная деформация с последующим гомогенизирующим отжигом сварной заготовки создает тенденции к выравниванию структуры по периметру трубы. В переходной зоне и сварном шве образовались зерна такой же величины, что и в основном металле - это создает благоприятные условия для последующей повышенной деформации по диаметру и толщине стенки в процессе прокатки на станах ХПТР.

Испытания на растяжения в продольном направлении проводили с учетом работы [9] по ГОСТ 1006-80 на продольных полосах:

- основной металл – полосы шириной 8 мм, длиной 180 мм;
- сварной шов и околошовная зона - полосы шириной 4 мм, длиной 160 мм.

Вышеуказанные испытания проводили на испытательной машине FPZ - 100/1 со скоростью перемещения подвижного захвата 2 мм/мин.

в зоне упругой деформации и 4 мм/мин. – после достижения предела текучести. Результаты испытаний на каждом этапе обработки, средние по 20 образцам, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований механических свойств сварной заготовки

| Состояние труб | Место вырезки образцов | Направление вырезки образцов | Временное сопротивление разрыву, σ_B , МПа | Предел текучести, σ_T , МПа | Относительное удлинение, δ , % | Твердость по Виккерсу, HV_5 |
|--|------------------------|------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Заготовка после термической обработки | Основной металл | Продольные | 582 | 232 | 61,5 | 185 |
| | Околошовная зона | | 578 | 276 | | |
| | Сварной шов | | 597 | 325 | | |
| | Основной металл | Поперечные | 697 | 504 | | |
| | Околошовная зона | | 718 | 500 | | |
| | Сварной шов | | 618 | 478 | | |
| Заготовка после термической обработки и деформации | Основной металл | Продольные | 722 | 592 | 36,2 | 292 |
| | Околошовная зона | | 671 | 562 | | |
| | Сварной шов | | 700 | 580 | | |
| | Основной металл | Поперечные | 945 | 905 | | |
| | Околошовная зона | | 753 | 747 | | |
| | Сварной шов | | 794 | 787 | | |
| Заготовка после деформ. и гомогенизирующего отжига | Основной металл | Продольные | 595 | 200 | 61,0 | 148 |
| | Околошовная зона | | 615 | 230 | | |
| | Сварной шов | | 620 | 235 | | |

Испытания в поперечном направлении проводили на кольцевых образцах шириной 10 мм по методике представленной в работе [10]:

основной металл, сварной шов и околошовная зона с проточкой радиусом и глубиной 2 мм. Вышеуказанные испытания проводили на испытательной машине УД - 10/90 с варьированием скорости перемещения подвижного захвата, аналогичным вышеописанным. Усредненные результаты испытаний на каждом этапе обработки представлены в таблице 1.

Измерения твердости по Виккерсу производили на торцах кольцевых образцов шириной 10 мм по ГОСТ 2999-75 при нагрузке 5 кгс на твердомере ТП-15. Усредненные значения твердости на каждом этапе обработки представлены в таблице 1.

Анализ результатов исследований, представленных в таблице 1, показывает:

1. В состоянии после термической обработки, применяемой для снятия остаточных напряжений, прочностные свойства в продольном направлении по периметру трубы имеют близкие значения, в отличие от поперечного направления, где имеется анизотропия свойств до 15%. Анизотропия пластических свойств по периметру трубы в продольном направлении достигает 50% в отличие от поперечного направления. Околошовная зона обладает пониженными прочностными свойствами в продольном направлении и меньшей твердостью.

2. В отличие от результатов исследований, полученных в работе [1], при посадке по диаметру в процессе знакопеременной деформации наибольшему наклепу подвергается основной металл, а наименьшему – околошовная зона.

3. После знакопеременной деформации 4,4% и гомогенизирующего отжига произошло выравнивание механических свойств по периметру трубы – прочностных и пластических, анизотропия свойств в продольном направлении отсутствует. Отличия твердости по периметру трубы не выявлены.

При изготовлении сварных труб из нержавеющей стали типа 18-10-Ti обращают особое внимание на обеспечение высокой коррозионной стойкости сварного шва, особенно стойкости против межкристаллитной коррозии. Испытания на склонность к межкристаллитной коррозии сварной заготовки до и после знакопеременной деформации производили по методу АМ ГОСТ 6032-89, склонность к межкристаллитной коррозии в обоих случаях не выявлена.

Выводы

1. Знакопеременная деформация приводит к упрочнению внутренней и наружной поверхностей сварной заготовки. Эффект наклепа

внутренней поверхности в значительной мере обуславливает отсутствие разрушения металла в переходной зоне сварной шов – основной металл.

2. Совместное действие знакопеременной деформации с последующим гомогенизирующим отжигом приводит к выравниванию механических свойств по периметру трубы и создает тенденции к выравниванию структуры, что создает благоприятные условия для последующей повышенной деформации по диаметру и толщине стенки в процессе прокатки на станах ХПТР.

Перспектива. На основании результатов проведенных исследований может быть разработана высокоэффективная технология изготовления прецизионных труб из сварной заготовки на станах ХПТ и ХПТР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев Г.И., Войцеленок С.Л. Качество электросварных труб./М.: Металлургия, 1978. – 256 с.
2. Король Р.Н., Очеретная Н.Н., Кузьменко В.И. Усовершенствование технологии изготовления тонкостенных и особотонкостенных труб повышенной точности из сварной заготовки // Металл и литье Украины, 2007. – №3. – С. 21-25.
3. Должанский А.М., Очеретная Н.Н. Деформация кручением проволоки и ее влияние на процесс волочения // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2007. – №6 (245). – С. 56-59.
4. Зильберг Ю.В., Соболевский С.И., Вазенмиллер А.А. Влияние изгиба и кручения на свойства проволоки из стали 1кп // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2007. – №6 (245). – С. 56-59.
5. Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей/ М.: Машгиз, 1958. – 340 с.
6. Сокуренок В.П., Малыш А.Д., Левченко Л.М., Абросимова Т.Н. Точность определения предела текучести при испытаниях на растяжение плоских и трубчатых образцов // Производство труб и баллонов. – Днепропетровск: ДТИ, 2002. – С. 118-122.
7. Малыш А.Д., Вахрушева В.С., Левченко Е.Б. Определение механических свойств швов сварных труб при испытании кольцевых образцов // Производство труб и баллонов. – Днепропетровск: ДТИ, 2002. – С. 122-127.
8. Рентгенографическое исследование влияния технологической обработки на состояние поверхностного слоя холоднокатаных труб из стали Х18Н10Т / П.М. Юшкевич, З.А. Кофф, Н.И. Фомичева, ЮМ. Беликов и др. // Трубное производство. – Днепропетровск: ВНИТИ, 1971. – Вып. 1. – С. 112-120.