

Литература.

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос. – 2000. – 272 с.
2. Носкова Н.И., Мулюсов Р.Р. Субмикроструктурные и нанокристаллические металлы и сплавы. Екатеринбург: УрО РАН. – 2003. – 279 с.
3. Потекаев А.И., Табаченко А.Н., Савостиков В.М., Дудурев Е.Ф., Бакач Г.П., Скосырский А.Б. Высокопрочные субмикроструктурные ($\alpha+\beta$)-титановые сплавы с наноконпозиционным антифрикционным износостойким покрытием // Известия Вузов. Физика. – 2014. – Т.57. – №2. – С.77-84.
4. Курзина И.А., Божко И.А., Калашников М.П., Ерошенко А.Ю. Шаркеев Ю.П. Эволюция структуры и механических свойств ультрамелкозернистого титана // Материаловедение. – 2010. – №5. – С.48-55.
5. Салищев Г.А., Валиахметов В.Р., Галеев Р.С., Малышева С.П. Формирование субмикроструктурной структуры в титане при пластической деформации и ее влияние на механическое поведение // Металлы. – 1996. – №4. – С. 86-91.
6. Wang S.Q., Liu J.H., Chen D.L. Tensile and fatigue properties of electron beam welded dissimilar joints between Ti-6Al-4V and BT9 titanium alloys // Materials Science and Engineering. – 2013. – А 584. – Р.47-56.
7. А.А. Клопотов, Ю.А. Абзаев, А.И. Потекаев, О.Г. Волокитин. Основы рентгеноструктурного анализа в материаловедении. Томск: ТГАСУ. – 2012. – 275 с.
8. Паршин А.М., Скотникова М.А. Диаграмма распада и режим термической обработки двухфазных сплавов титана // Материаловедение и термическая обработка металлов. – 1997. – № 7. – С.34-37.
9. Лясоцкая В.С. Термическая обработка сварных соединений титановых сплавов. – М.: Экомет. – 2003. – 352 с.
10. Мирзаев Д. А., Ульянов В. Г. Влияние скорости охлаждения на температуру $\beta \rightarrow \alpha$ превращения и структуру титана // Сплавы титана особыми свойствами. – 1982. – М.: Наука. – С.43-47.
11. Анисимова Л. И., Гольдштейн М. И., Попов Л. А. Закономерности распада метастабильного β -твердого раствора в β -титановых сплавах // Сплавы титана особыми свойствами. – 1982. – М.: Наука. – С.43-47.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В РАЗНОРОДНОМ СВАРНОМ СОЕДИНЕНИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ПЕРЕХОДНИКА

*К.А. Чикан аспирант, А.Л. Гончаров к.т.н., доцент, В.Р. Деготь руководитель
Национально исследовательский университет «МЭИ»
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14
E-mail: kristinchikan92@gmail.com*

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию структурно-химической неоднородности (СХН) трубопроводного переходника из разнородных сталей, выполненного аргонодуговой сваркой (АрДС). При помощи оптического микроскопа получены фотографии СХН и ее размеры. СХН выражается в появлении прослоек (карбидной и ферритной) с разным химическим составом. Приведены графики роста ширины прослоек от времени выдержки и температуры.

Abstract: This paper is devoted to the comparison of the structural and chemical inhomogeneity (SCI) of adapters made of dissimilar steels, made by tungsten insert gas (TIG). By means of optical microscope, photographs of the SCI and its dimensions were obtained. SCI is expressed in the appearance of interlayers (carbide and ferritic) with different chemical composition. Graphs of the growth of the widths of the interlayers from the time of exposure and temperature are given.

При реконструкции технологических производств нередки случаи, когда возникает необходимость соединения технологического трубопровода из разных структурных классов. Зачастую это патрубки оборудования из аустенитной стали с подводными и отводящими трубопроводами из стали перлитного класса. Согласно п. 6.3.6 ПНАЭ [1] в таких случаях должны применяться специальные переходники.

Переходники представляет собой сборочные единицы, сваренные из двух отрезков труб, каждый из которых по марке стали соответствует соединяемым трубам. Размеры переходников предусмотрены СТО [2], конструкция представлена на рис. 1.

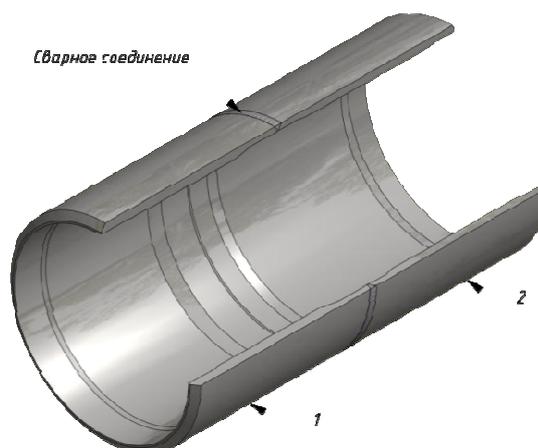


Рис. 1. Конструкция переходника: 1 – патрубок из стали перлитного класса; 2 – патрубок из стали аустенитного класса

Для исследования неоднородности был изготовлен переходник с разделкой кромок аргонодуговой сваркой (АрДС) неплавящимся электродом с присадочной проволокой, обеспечивающей высоколегированный шов (рис. 2). После окончания технологической операции сварки, был произведен раскрой переходника. Были подготовлены три макрошлифа для дальнейшей термической обработки (ТО).

Термическая обработка проводилась при трех температурных режимах: 650°C; 580°C; 550°C (табл. 1). Время выдержки каждого макрошлифа составляло от 1 до 100 часов со следующими временными точками контроля: 1, 2, 4, 7, 10, 15, 23, 35, 50, 75, 100 часов.



Рис. 2. Внешний вид моделей переходников

Таблица 1.

Теоретические значения степени проплавления и содержания хрома и никеля в исследуемых сечениях

Тип сварки	Номер макрошлиф	Температура термической обработки, °C	Содержание хрома ¹ , %	Содержание никеля ¹ , %
АрДС	1	650	18	10
	2	550	18	10
	3	580	18	10
Теоретическое содержание никеля и хрома в шве.				

Исследование закономерностей роста прослоек во времени

Структурно-химическая неоднородность в виде прослоек образуются в результате диффузии углерода, так как при сварке разнородных сталей, концентрация углерода в каждой стали может отличаться, более того, в аустенитных сталях, к примеру сталь 12X18H10T, содержится карбидообразующий элемент хром, который в соединении с углеродом образует карбид $Cr_{23}C_6$. В процессе сварки, в шве и в основном металле, из-за кратковременного нахождения жидкой сварочной ванны, не успевают равномерно распределиться карбидообразующие элементы, что приводит к большой разнице в электрохимическом потенциале и как следствие к реактивной диффузии. В результате чего, происходит частичная диссоциация цементита, и переход углерода в более легированную сталь. Постепенно, скорость реакции снижается, так как начинается выравниваться электрохимический потенциал [6-8].

Известно, что процесс диффузии зависит от трех основных параметров: времени, температуры и химического состава. Исследование изменения ширины диффузионных прослоек во времени можно найти в [3-5].

На рис. 3 представлена микроструктура сварного соединения АрДС. Примененная присадочная проволока обеспечила аустенитную структура шва. Сразу после сварки видно появление ферритной прослойки в перлитной стали на границе сплавления и начало зарождения карбидной (рис. 3, а). Так же видно, укрупнение зерен феррита, это связано с рекристаллизацией. После проведения выдержки при высоких температурах в течение 1 часа, можно наблюдать, как начинает увеличиваться ширина ферритной прослойки и появляется карбидная (рис. 3, б, в, г). На рис. 4 представлены ферритная и карбидная прослойки сварного шва переходника после выдержки в течении 100 ч при различных температурах.

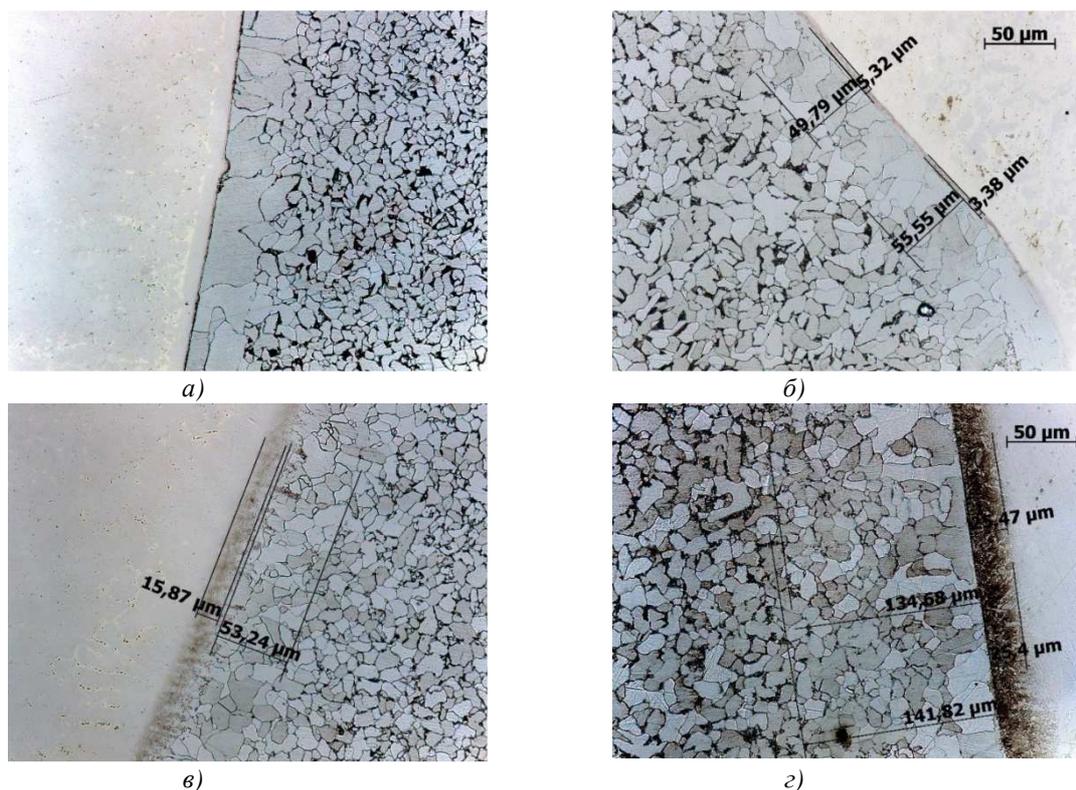


Рис. 3. Микроструктура в зоне сплавления перлитной стали 20 и аустенитного шва переходника после сварки и после выдержки в течении 1 ч при различных температурах:
а – после сварки; б – после выдержки при температуре 550°C (макрошлиф 2); в – после выдержки при температуре 580°C (макрошлиф 3); г – после выдержки при температуре 650°C (макрошлиф 1)

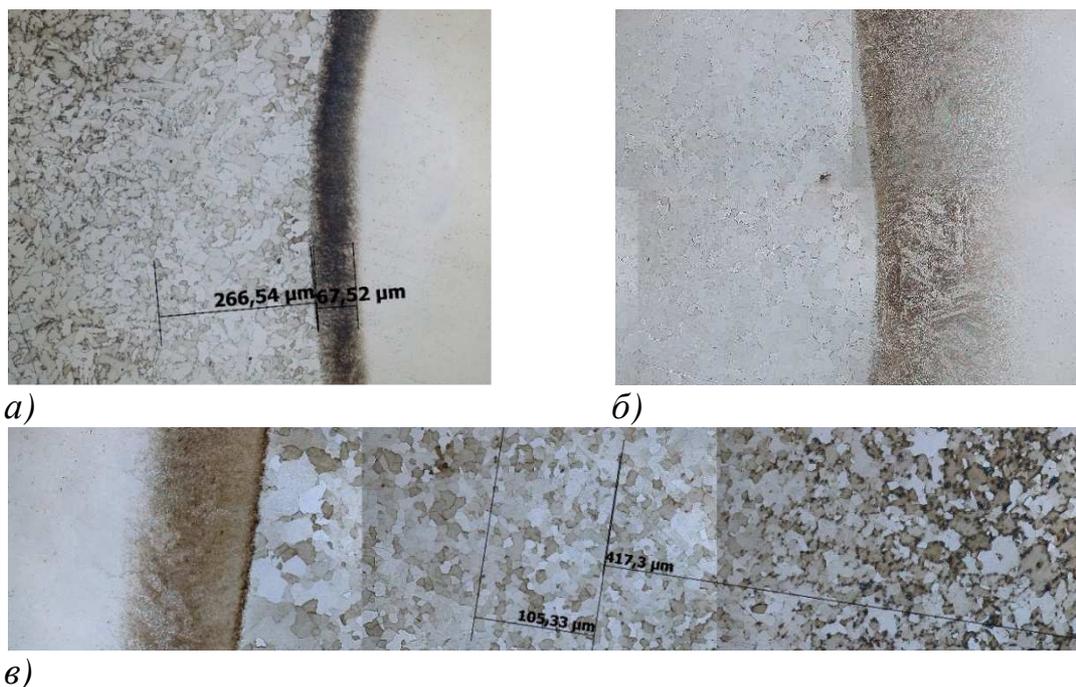


Рис. 4. Микроструктура в зоне сплавления перлитной стали 20 и аустенитного шва переходника после выдержки в течении 100 ч при различных температурах: а – при температуре 550°C (макрошлиф 2); б – при температуре 650°C (макрошлиф 1); в – при температуре 580°C (макрошлиф 3)

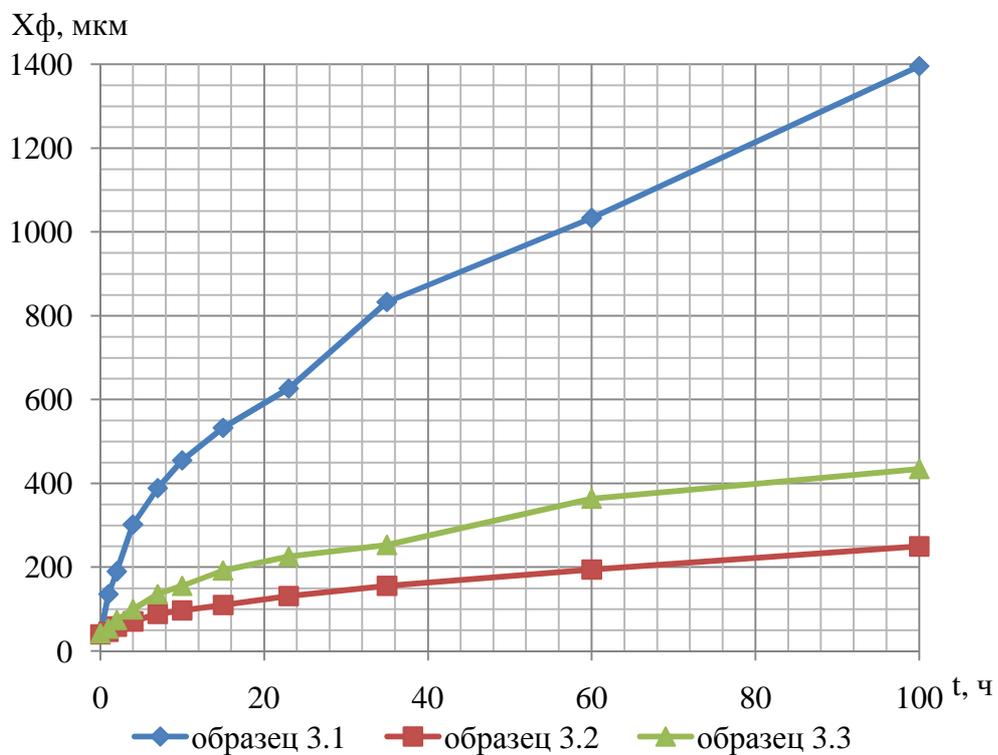


Рис. 5. Графики зависимости ширины ферритных прослоек в микрошлифах 1 (650°C), 2 (550°C) и 3 (580°C) от времени выдержки при старении

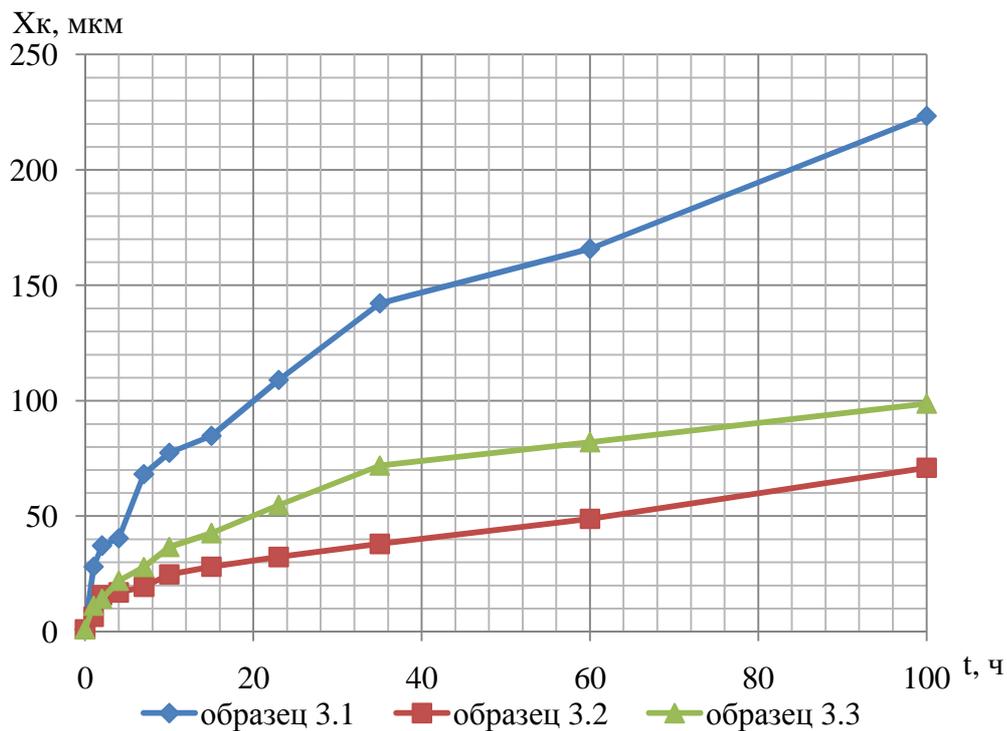


Рис. 6. Графики зависимости ширины карбидных прослоек в микрошлифах 1 (650°C), 2 (550°C) и 3 (580°C) от времени выдержки при старении

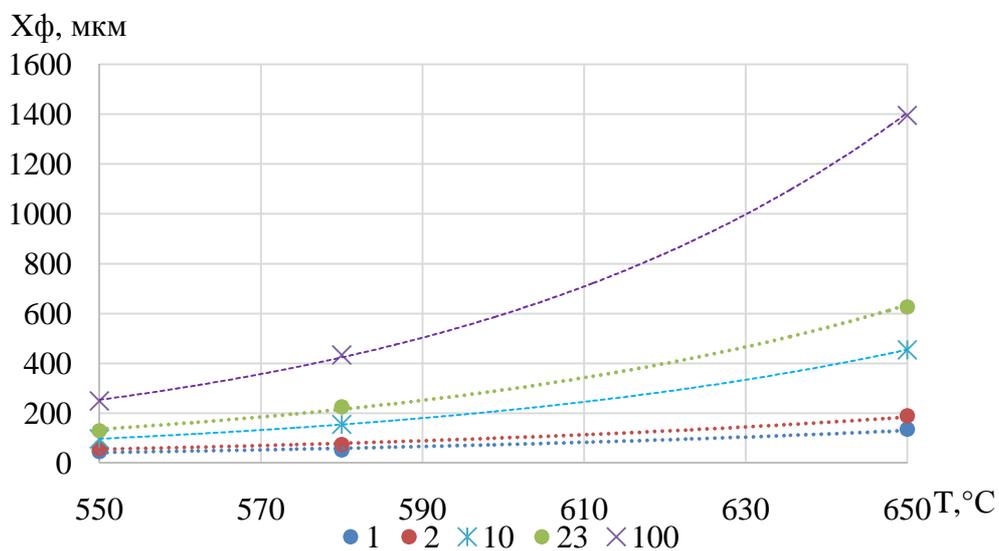


Рис. 7. Зависимость ширины ферритной прослойки от температуры при различном времени выдержки

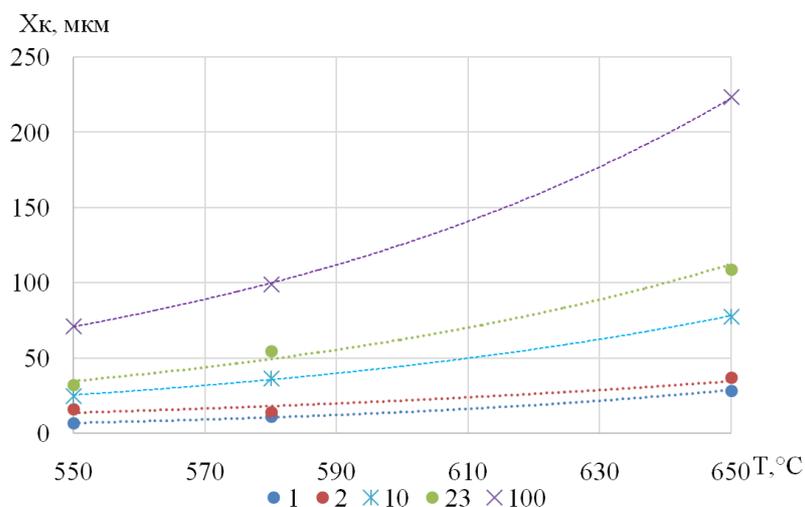


Рис. 8. Зависимость ширины карбидной прослойки от температуры при различном времени выдержки

В результате исследования причин и кинетики роста диффузионных прослоек, можно сделать следующие выводы:

График зависимости ширины прослоек от времени выдержки имеют параболический характер, что подтверждается работой [5];

График зависимости ширины прослоек от температуры выдержки имеет экспоненциальный характер;

Установлено, что при сварке переходника аустенитным швом, прослойки феррита образуются со стороны перлитной стали, и ее ширина зависит от температуры, причем при повышении температуры, скорость роста прослоек увеличивается;

Обнаружено, что сразу после АрДС наблюдается укрупнение зерна феррита в месте сплавления шва и перлитной стали, а также наблюдается скопление карбидов хрома на линии сплавления шва и перлитной стали;

Анализируя кривые времени выдержки в 100 часов можно сделать вывод, что при температуре 550°C ширина ферритной прослойки будет примерно 250 мкм, карбидной – 70 мкм, а при температуре 650°C ширина ферритная прослойка будет 1400 мкм, а карбидная – 230 мкм, т.е. ширина ферритной прослойки при повышении температуры увеличивается более чем в 5 раз, а карбидной в 3 раза.

Литература

1. ПНАЭ Г-7-009-89 "Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка, основные положения".
2. СТО 79814898 110-2012 "Детали и элементы трубопроводов атомных станций из коррозионно-стойкой стали на давление до 2,2 МПа (22 кгс/см²). Соединения сварные. Типы и размеры".
3. Драгунов В.К. Электронно-лучевая сварка разнородных сталей и сплавов в производстве комбинированных конструкций: диссертация ... доктора технических наук : 05.03.06 / Драгунов Виктор Карпович; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)]. – Москва, 2007. – 333 с.: ил.
4. Драгунов В.К., Родякина Р.В. Особенности строения сварочных соединений разнородных сталей. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 16 с.
5. Гончаров А.Л. Снижение степени структурной и механической неоднородности сварных соединений разнородных сталей на основе совершенствования технологии ЭЛС: диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 : М., 2005 175 с. РГБ ОД, 61:05 5/2258.
6. Земзин В.Н. Сварные соединения разнородных сталей. М.-Л.: Машиностроение, 1966. 232с.
7. Готальский Ю.Н. Сварка разнородных сталей. – К.: Техника, 1981. – 184 с., ил. – Библиогр.: с. 180 – 183.
8. Сварка разнородных металлов и сплавов/ В.Р. Рябов, Д.М. Рябкин, Р.С. Курочко, Л.Г. Стрижевская. – М.: Машиностроение, 1984. – 239 с., ил.