

ООО «ТТК «ОМЗ-Ижора»



**Опыт изготовления и совершенствование  
качества крупногабаритных заготовок  
для реакторных установок,  
производимых на Ижорской  
промышленной площадке ОАО ОМЗ**

Т.И. Титова, Н.А. Шульган,  
(ООО «ТТК «ОМЗ-Ижора», Санкт-Петербург)

Ю.М. Батов, С.Ю. Баландин  
(ООО «ОМЗ-Спецсталь», Санкт-Петербург)

*Научно-исследовательский центр (НИЦ)  
Докладчик – Директор НИЦ, докт. техн. наук  
Т.И. Титова*

*Москва, декабрь 2012 год*

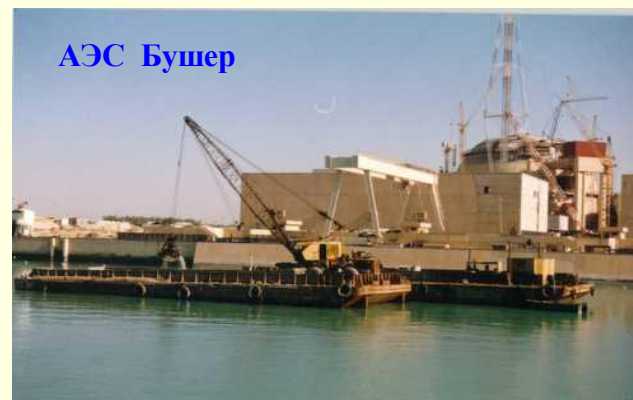


1962 г. - ВВЭР-210 для Нововоронежской АЭС  
1971 г. – первый серийный ВВЭР-440

На Ижорском заводе было изготовлено оборудование для 25 таких блоков, в том числе для АЭС Богунице (Словакия), Козлодуй (Болгария), Ловииза (Финляндия), Пакш (Венгрия), Дукованы (Чехия), Норд (Германия)



Первый «миллионник» (ВВЭР-1000) был поставлен в 1980 г. для 5-го блока НВ АЭС. Всего завод изготовил 30 таких корпусов, в том числе для Китая, Индии, Ирана. В настоящее время изготавливаются корпуса реакторов для новых блоков АЭС.



## Сталь 15X2НМФА для корпусов реакторов ВВЭР-1000 (1200)

### Требования к химическому составу

Технические условия (ТУ)	Марка стали	Химический состав, массовая доля элементов, %													
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	P	S	As	Co	Sn	Sb	V*
		не более													
108-765-78/ 0893-013-00212179-2003*	15X2НМФА	0,13-0,18	0,17-0,37	0,30-0,60	1,80-2,30	1,00-1,50	0,50-0,70	0,30	0,020	0,020	0,040	0,030	-	-	0,10-0,12
	15X2НМФА-А					0,08/0,10		0,010/0,007	0,012/0,007	0,010	0,005		0,005		
	15X2НМФА кл.1					1,00-1,30		0,08	0,006	0,006					

### Требования к механическим свойствам

Технические условия (ТУ)	Категория заготовки	Т исп. = 20 °С				Т исп. = 350 °С				Определение, подтверждение Тко, °С
		$\sigma_B$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$	$\psi$	$\sigma_B$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$	$\psi$	
		Н/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	%	%	Н/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	%	%	
108-765-78/ 0893-013-00212179-2003	Б	549/ 550	441/ 440	15	55	490	392/ 390	12	45	0
	А, А-А	608/ 610	490			539/ 540	441/ 440	14	50	0, -10 -25 (-35 по требованию чертежа)
	В									-

549/  
550

Изменения требований указаны через дробь

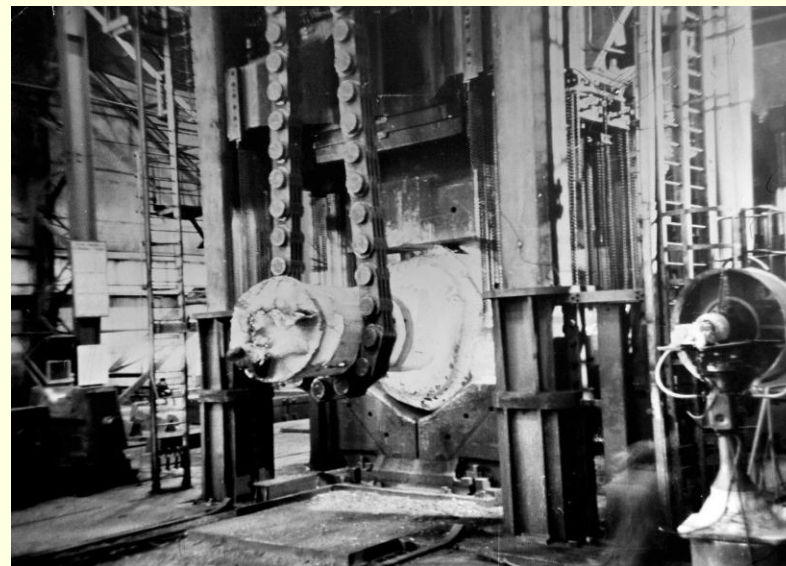


В цехах № 8 и 10  
ещё работают  
6 мартеновских печей

В 1976 г введена в строй  
установка УВРВ



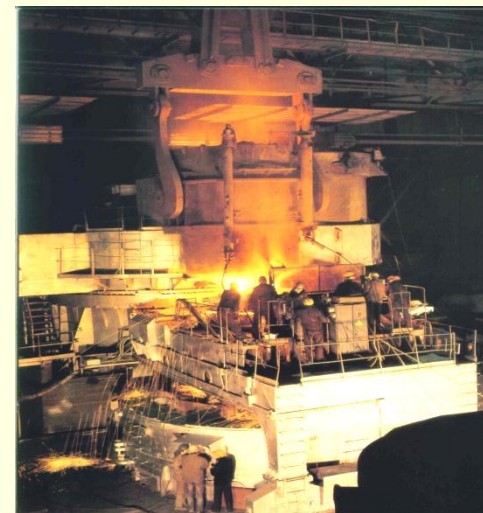
Старый парогидравлический пресс 12000 т.с.



**Построена и введена в строй ДСП- 50**  
**Объем плавки - 50 т**  
**Годовая производительность - 100 тыс. т**



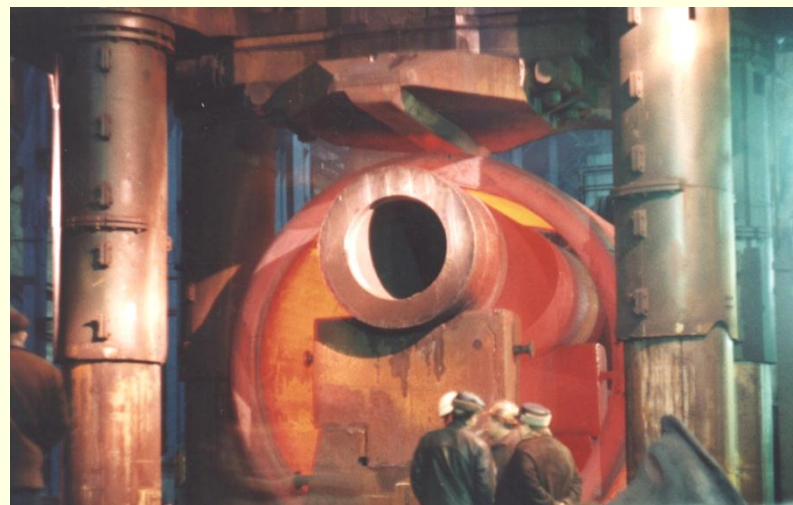
**Продолжает  
работать  
установка УВРВ**



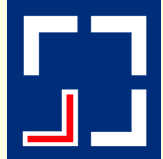
**В 1980г введён в эксплуатацию АКК-6000**



**В 1986г введён в эксплуатацию АКК-12000**







**Введена в строй печь ДСП-120**

**Объем плавки - 120 т**

**Годовая производительность - 200 тыс. т**



**Проводится модернизация  
прессов АКК-6000 и АКК-12000**

**Установлена лазерная система  
измерения поковок «нагоряче»**



**Введена в строй установка LF+VD/VOD**



**Проведена модернизация и  
построены новые термические печи  
в цехах 66 (15, 16) и 47 (32, 33)**



**Рентгенофлуоресцентный  
спектрометр**



**Мобильные оптические  
эмиссионные спектрометры**



**Газоанализатор LECO**

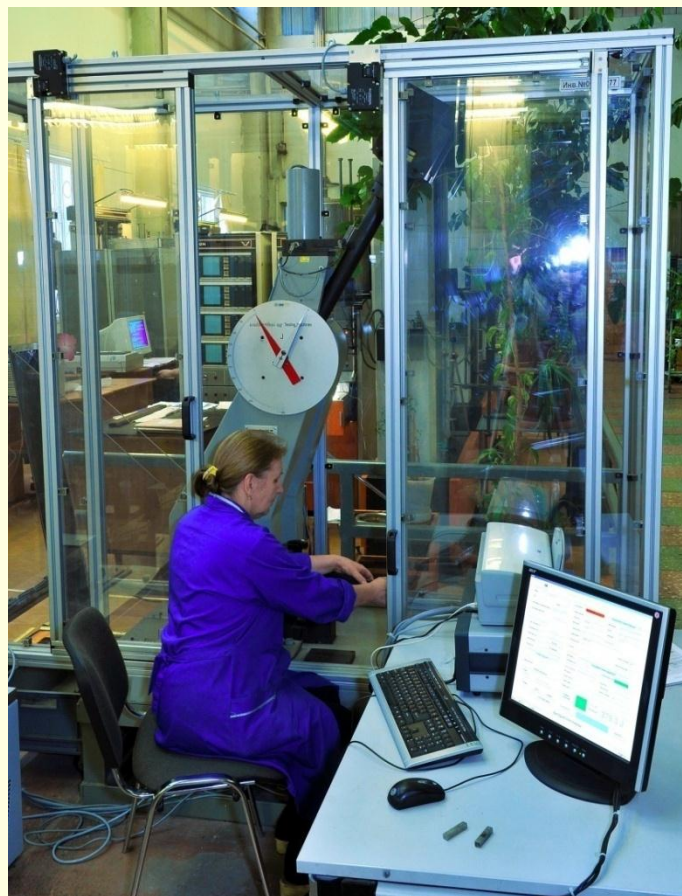




Испытательная  
машина INSTRON  
(Великобритания)



Маятниковый копёр (Швейцария)



Твердомер Виккерса  
(Германия)





Металлографические микроскопы  
фирмы «Carl Zeiss»



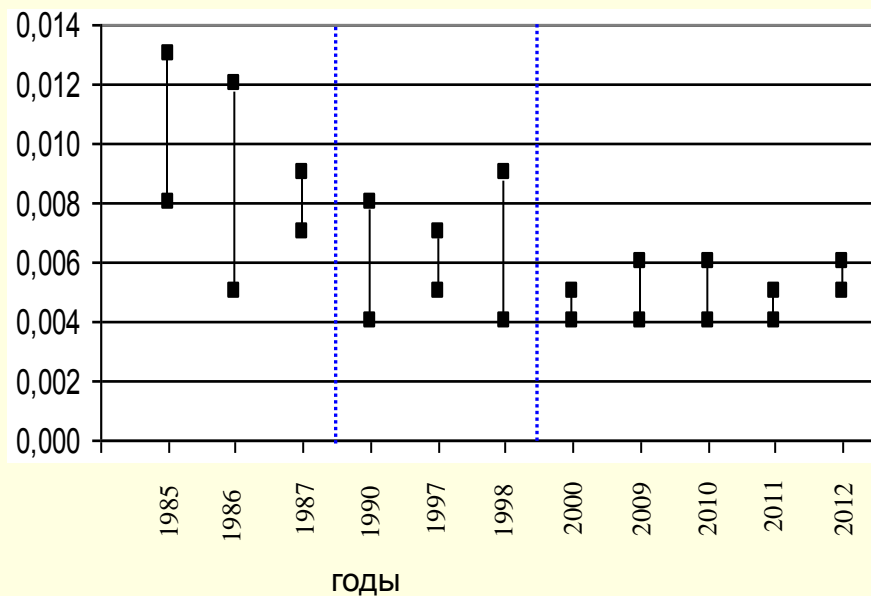
Сканирующий электронный микроскоп VEGA II LMU  
фирмы TESCAN с анализирующей приставкой INCA  
ENERGY 350-DC фирмы OXFORD



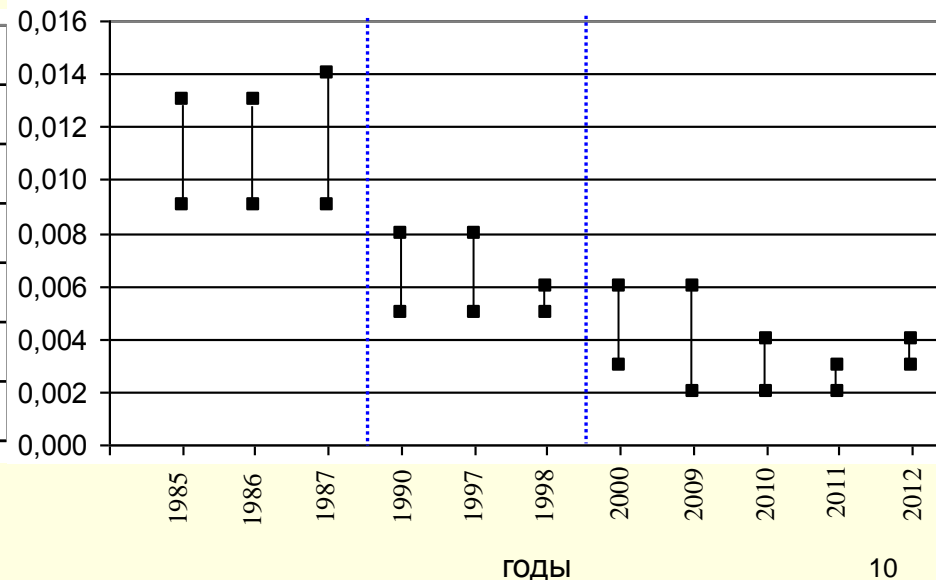
## Загрязненность стали 15Х2НМФА «вредными примесями»

Требования НД	Массовая доля элементов, %	
	Фосфор	Сера
	не более	
ТУ 108-765-78		
15Х2МНФА	0,020	0,020
15Х2МНФА-А, 15Х2НМФА кл.1	0,010	0,012
ТУ 0893-013-00212179-2003		
15Х2НМФА	0,020	0,020
15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА кл.1	0,010	0,012

Фактическое содержание фосфора, вес. %



Фактическое содержание серы, вес. %



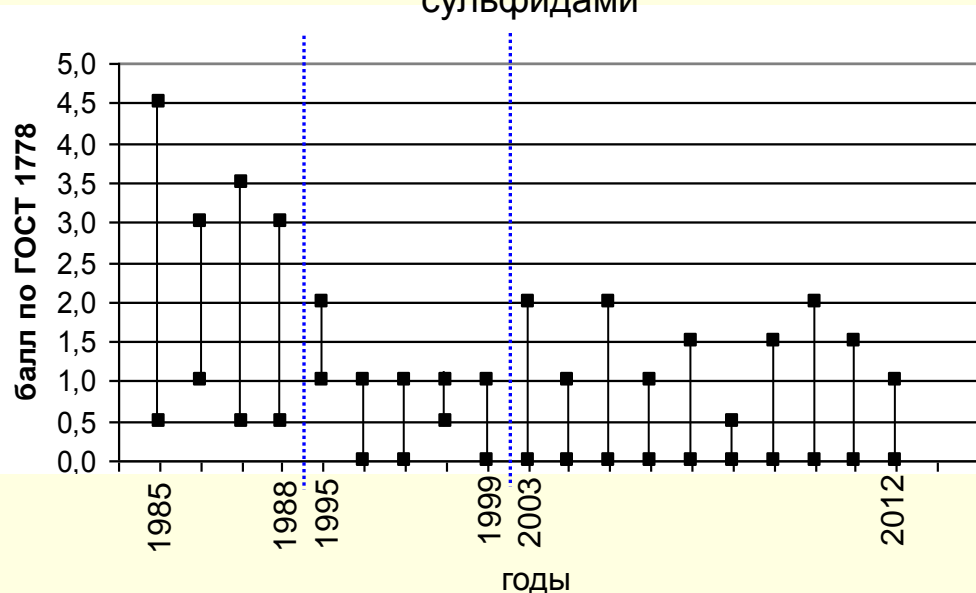


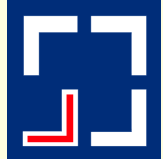
## Загрязненность стали 15Х2НМФА неметаллическими включениями

Технические условия	Допускаемая загрязненность неметаллическими включениями, балл шкалы ГОСТ 1778, не более		
	оксиды	сульфиды	силикаты
108-765-78	3,5 (3,0*)	3,5 (3,0*)	3,5
0893-013-00212179-2003 (введены 01.07.2003)	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>

\* Изменение проведено в 2000 году

Фактический уровень загрязненности  
сульфидами





80-е годы

пок.450586 пл.181640 слиток 159,7т



Вторая половина 2000-х годов

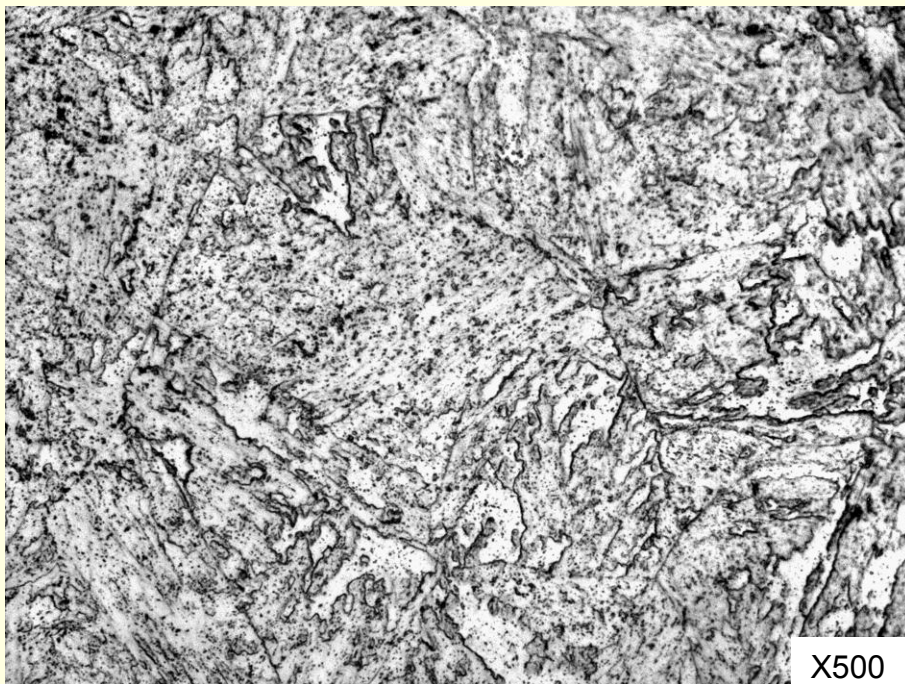
пок.901715 пл.193651 слиток 230,0т



**Типичное содержание цветных примесей (вес.%) и газов  
в заготовках из стали 15Х2НМФА за период 2002 – 2010 год**

As	Sn	Sb	Pb
<i>требования ТУ 0893-013-00212179-2003 не более</i>			-
<b>0,010</b>	<b>0,0050</b>	<b>0,0050</b>	
0,002 - 0,007	0,0020 - 0,0050	0,0006 - 0,0013	0,0001 - 0,0005

[N]	[O]	[H]
ppm		
62 - 75	12 - 35	0,5 - 1,2

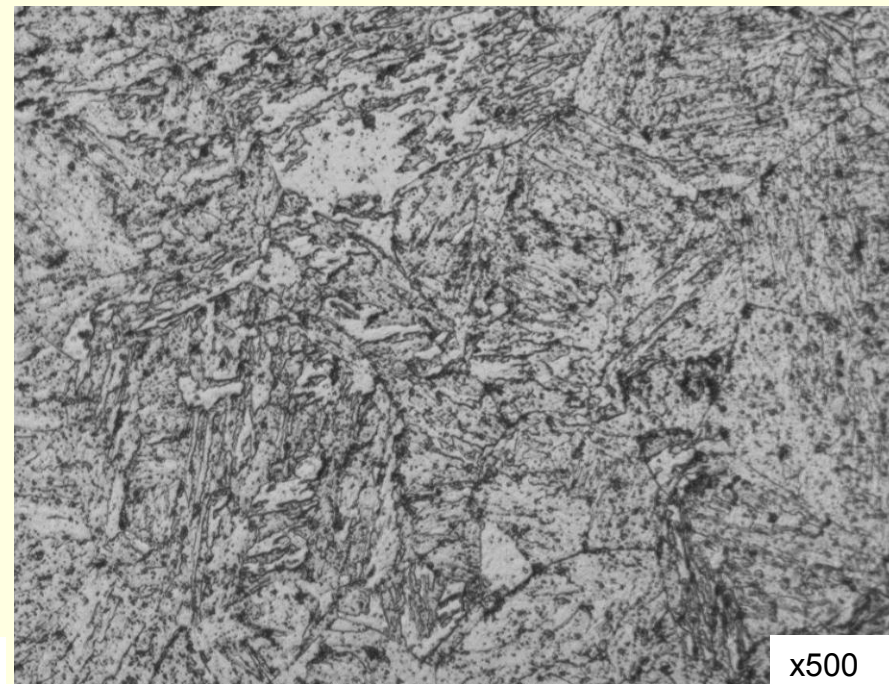


80-е годы

*пл. 108030 пок. 451889 слиток 137,4т*

Отпущенный бейнит,  
величина зерна G4 ГОСТ 5639

толщина под термообработку 260 мм



2010 год

*пл. 185527 пок. 902354 слиток 147,5т*

Отпущенный бейнит,  
величина зерна G5 ГОСТ 5639

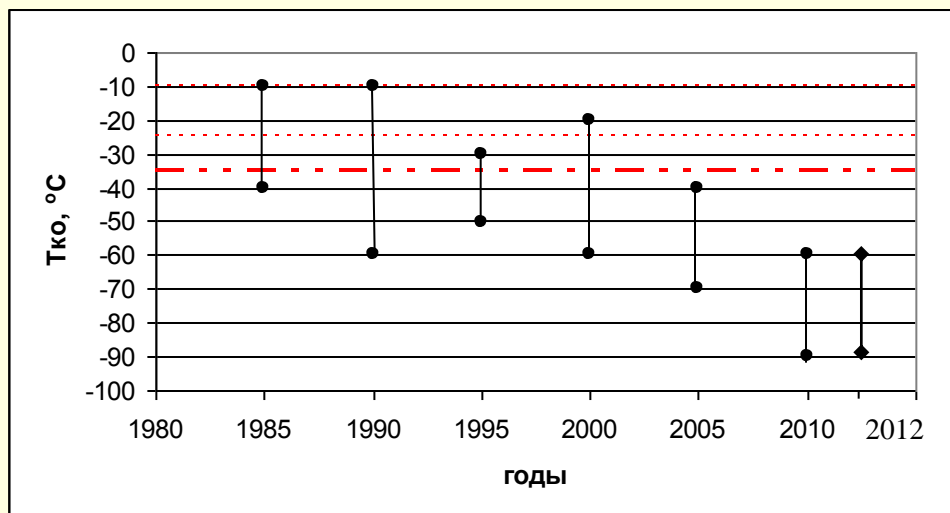
толщина под термообработку 290 мм



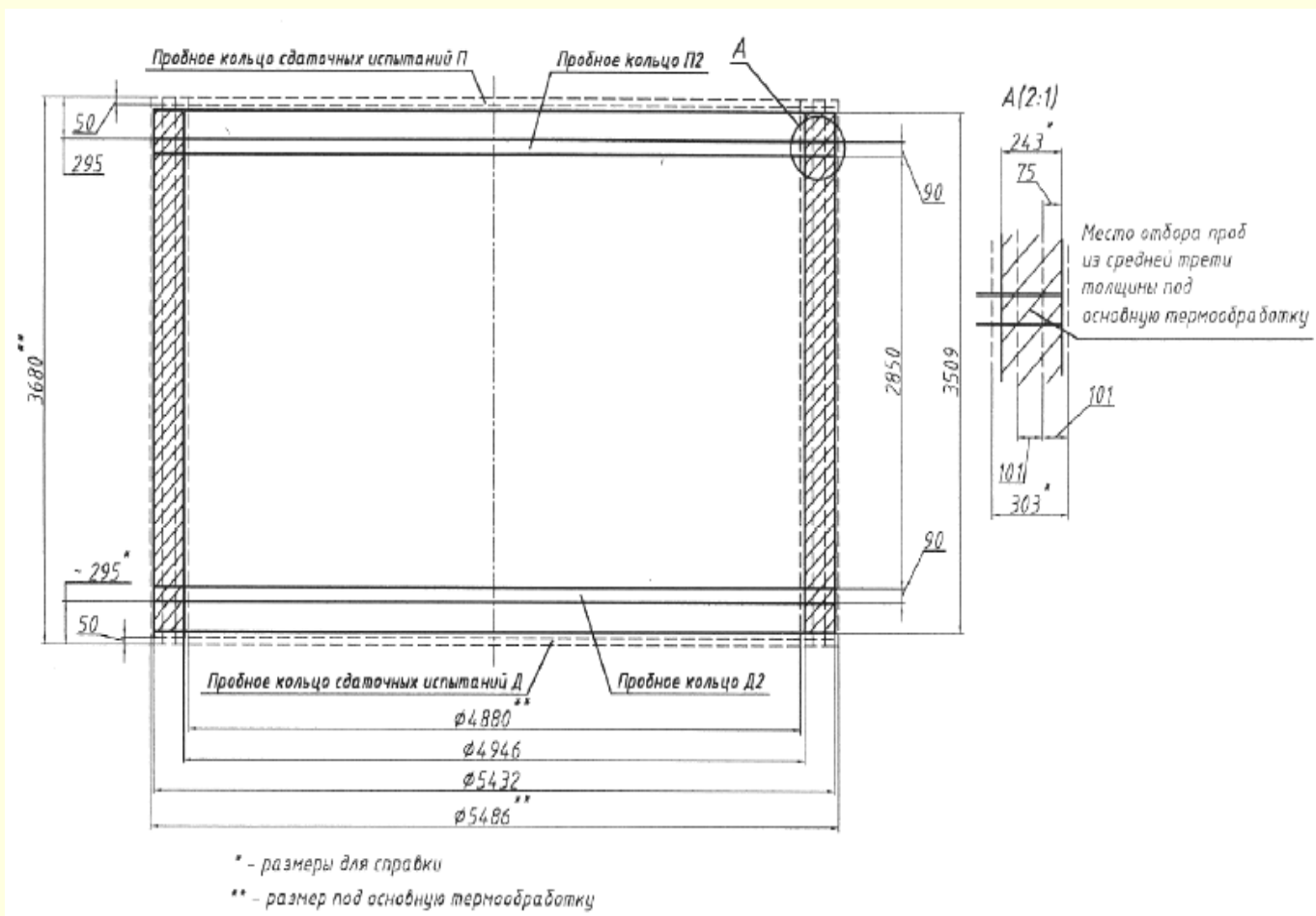
## Динамика изменения значений критической температуры хрупкости ( $T_{ко}$ ) металла поковок из стали 15Х2НМФА

НД	Категория заготовок	$T_{ко}$ , °С не выше
ТУ 108-765-78	А-А	-25
	А (поковки)	-10
	ТТ отдельных чертежей	<b>-35</b>
ТУ 0893-013-00212179-2003	А-А	-25
	А (поковки)	-10
	ТТ отдельных чертежей	<b>-35</b>

Фактическое значение критической температуры хрупкости



**Изготовление, испытания и исследование качества металла крупногабаритной заготовки из стали 15Х2НМФА кл.1 для корпуса реактора ВВЭР-1500 (слиток 360тн, толщина под термообработку 270 мм)**

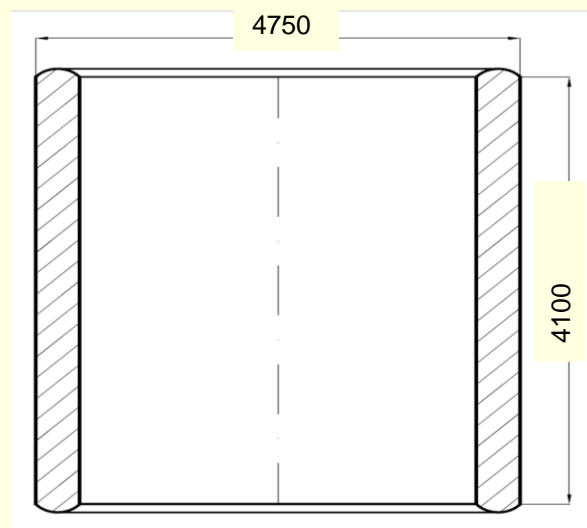




Изготовление корпуса реактора для 3-го  
блока Ростовской АЭС (АЭС 2006) с  
уменьшенным количеством сварных швов  
(5 вместо 6)

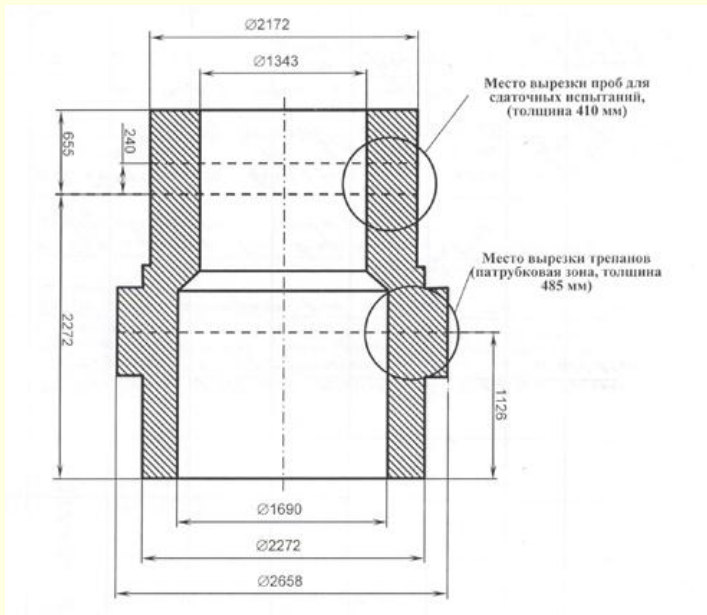
Слиток 260тн

Поковка удлиненной обечайки  
(толщина по термообработке 270 мм)

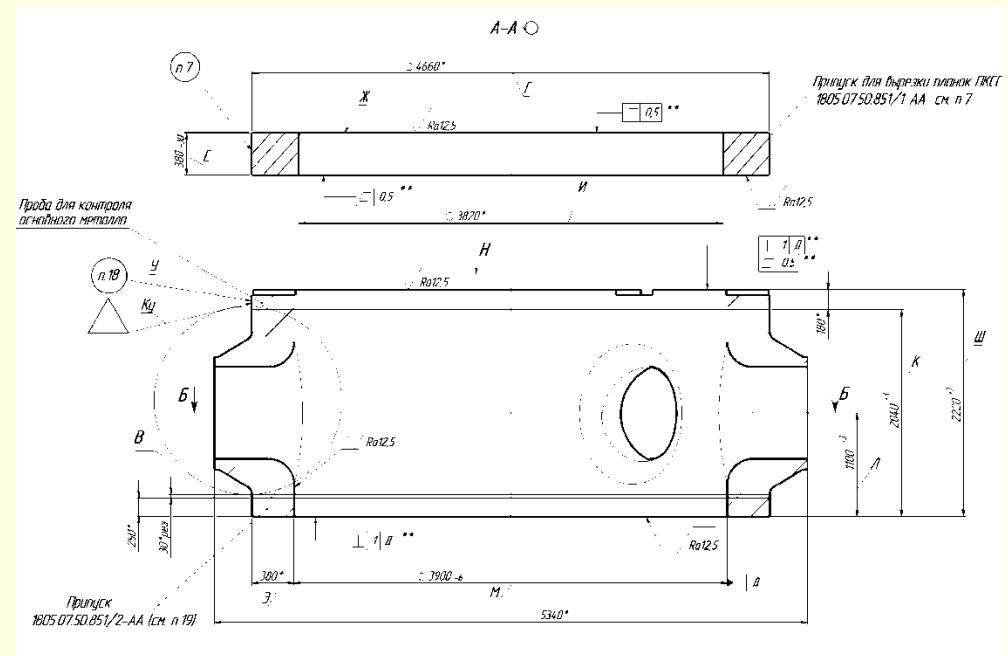


## Толстостенные корпусные заготовки из стали марки 15Х2МФА-А (мод.А)

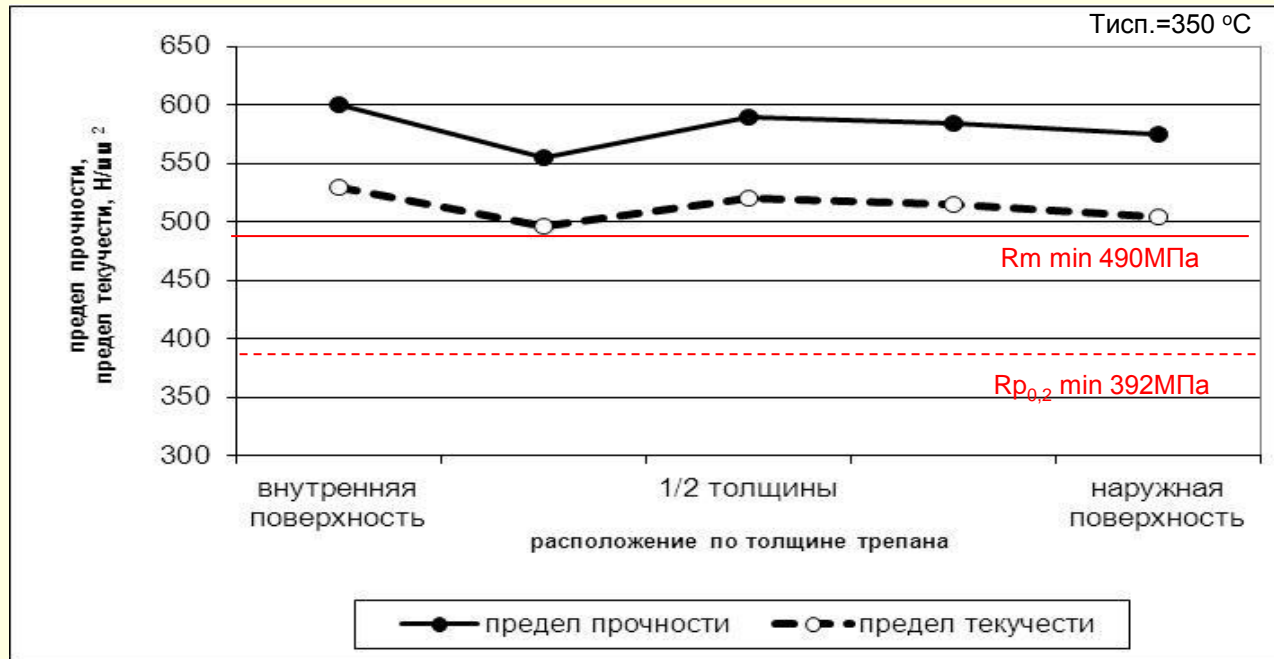
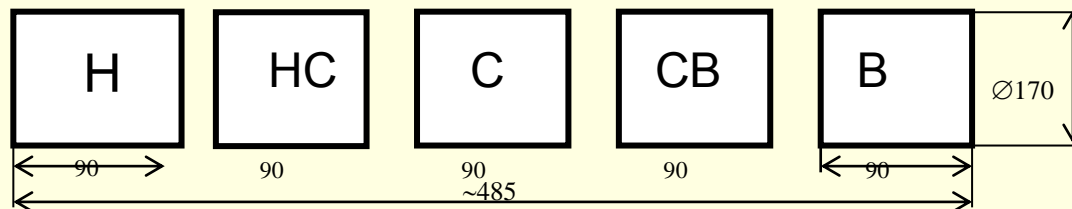
ОЗП для судоводных устройств



опытная ОЗП применительно к реактору ВВЭР-1000 (макс.толщина 470 мм)



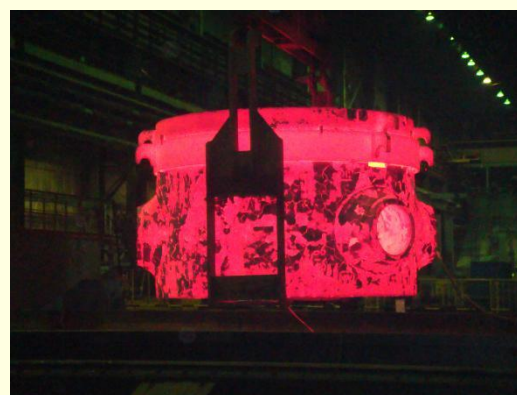
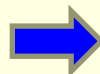
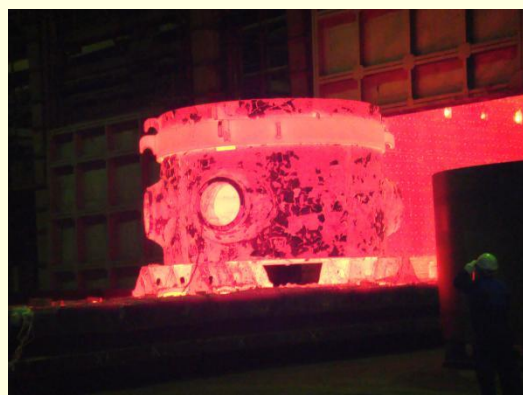
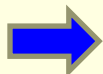
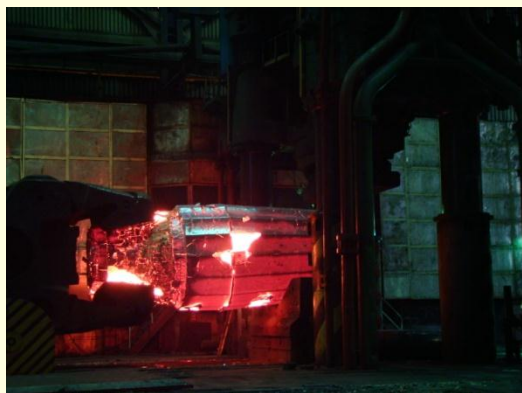
## Однородность механических свойств по толщине 485мм металла заготовки ОЗП для судоводных устройств (PWHT min)

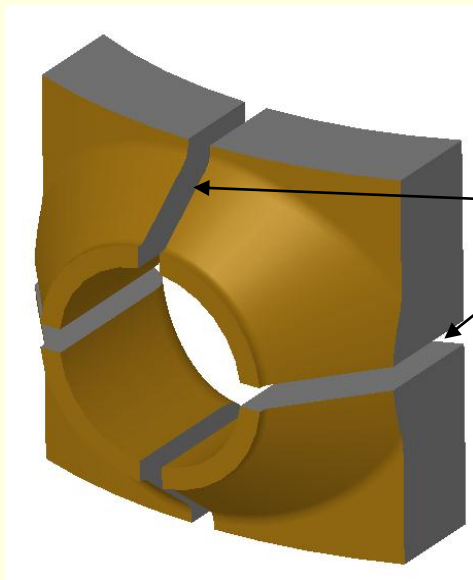
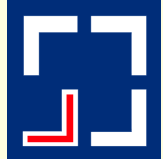


T<sub>к0</sub> от -30 до -40°C



Изготовление опытной обечайки зоны патрубков  
из стали 15Х2МФА-А модификация А (ВВЭР-1000)

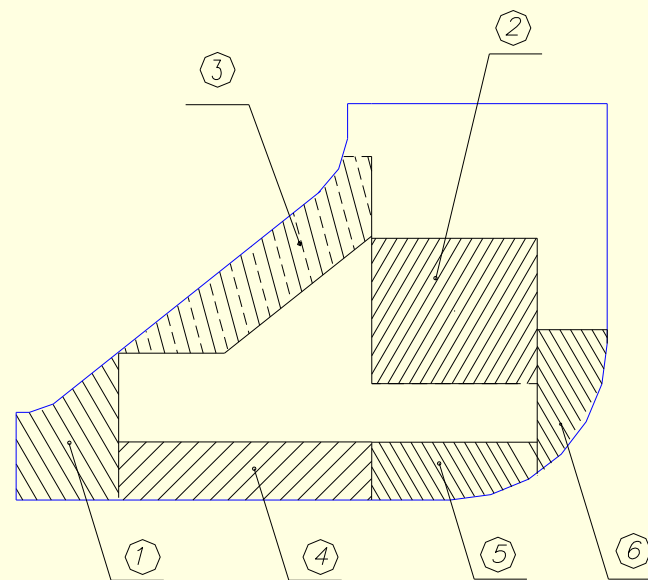




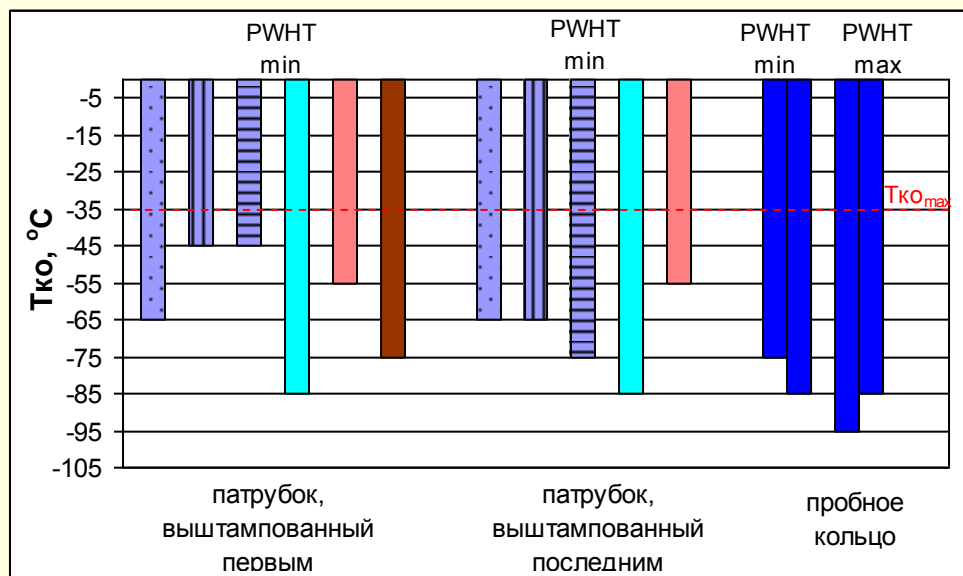
**Места вырезки сегментов из патрубка**

**Зоны выштамповки патрубков для проведения исследований**

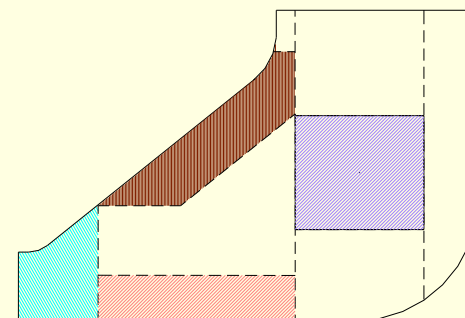
- вблизи торца патрубка – зона 1;
- термоинерционная зона (средняя треть по толщине) – зона 2;
- зона 3;
- вблизи наружной поверхности патрубка – зона 4;
- вблизи внутренней поверхности патрубка - зона 5;
- галтель со стороны внутренней поверхности обечайки – зоны 5, 6



## Критическая температура хрупкости различных зон обечайки зоны патрубков



-  Термоинерционная зона (тангенциальное)
-  Термоинерционная зона (радиальное)
-  Термоинерционная зона (продольное)
-  Торец
-  Внутренняя поверхность
-  Наружная поверхность
-  Пробное кольцо





## Предложения НИЦ ООО «ТК «ОМЗ-Ижора» об актуализации нормативной базы, применяемой при контроле качества оборудования, производимого для АЭУ

- 1 Переработка, с учетом накопленного опыта, действующих федеральных норм и правил (ФНП):
  - ПНАЭ Г-7-009-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Общие положения»;
  - ПНАЭ Г-7-010-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля»для исключения противоречий с проектом Правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (НП-0ХХ-ХХ).
- 2 Разработка единого **Перечня основных и сварочных материалов**, допущенных к применению для изготовления оборудования АЭУ. Перечень должен включать исчерпывающий материал об используемых документах, позволяющий в полной мере осуществлять их идентификацию.
- 3 Актуализация отраслевых стандартов (ОСТ) и технических условий (ТУ) в части их соответствия требованиям Федерального закона «О техническом регулировании» (статья 13. Документы в области стандартизации).
- 4 Адаптация национальных и межгосударственных стандартов к принятым в мире лучшим зарубежным стандартам (**ASME Code, ASTM, EN**).
- 5 Введение новых современных документов на методы контроля материалов и оборудования АЭУ (испытания на стойкость к МКК, определение содержания ферритной фазы СФФ, контроль загрязненности неметаллическими включениями и т.п.).

1. Развитие металлургического производства ОАО «Ижорские заводы» - ныне ООО «ОМЗ-Спецсталь» способствовало:

- постоянному совершенствованию металлургического качества поковок из стали типа 15X2НМФА (А, кл.1);
- увеличению габаритов поковок;
- освоению усовершенствованных модификаций стали 15X2МФА (А, мод.А и мод.Б) и внедрению их в производство.

2. Одновременно совершенствовалась испытательная база НИЦ, что способствовало повышению точности и достоверности результатов испытаний металла заготовок для корпусов реакторов АЭУ.

3. Сегодня достигнут и подтвержден высокий уровень чистоты крупногабаритных «ижорских» заготовок для корпусов АЭУ по примесям, газам и неметаллическим включениям. При обеспечении сквозной прокаливаемости и наличии однородной мелкозернистой структуры это способствует значительному снижению исходной критической температуры хрупкости металла заготовок и, соответственно, повышению надежности и долговечности корпусов реакторов «ижорского» производства в условиях эксплуатации современных АЭУ.

4. Дальнейшее совершенствование качества заготовок и оборудования АЭУ требует переработки и актуализации современной нормативной базы, применяемой при их изготовлении и контроле качества.

***БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ***