

**Типовая технология производства тонкостенных штамповарных цилиндрических баллонов высокого давления. (ТР-2008. Отсканировано).**

**1. Технология изготовления баллонов высокого давления из листовой стали, (однослойных). СБ.**  
(или о том, как мы это делали)

ИД. требуется изготовить баллоны из стали 30ХГСА, под сжиженным газом  $CO_2$   $p = 153$  бар.  
30 баллонов  $V = 5,0$  дм<sup>3</sup>, и 2 баллона  $V = 4,5$  дм<sup>3</sup> (1)  
 $\Phi$ внешн  $\leq 140$  мм,  $l \leq 460$  мм (470 мм),  
масса  $\leq 4,5$  кгс.

кол-во циклов заполнения - 1000

$t^\circ$  эксплуатации -10  $^\circ C$  / +50  $^\circ C$

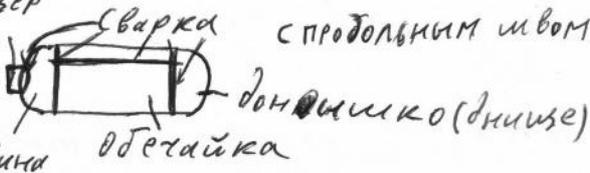
срок службы - 10 лет

периодичность проверки - 5 лет

Горловина с резьбой G 1/2"

баланс  $\approx$  \$ 200 с НДС.

штуцер  
сварка с продольным швом.  
доннышко (дно)  
горловина обечайка  
Усл. обозначение "СБ".



производство в лаборатории ИЭС

примечания:

$\Sigma$  36 баллонов

толщина листов  $h = 2,5$  мм

30ХГСА (169 кгс.)

Все режимы подбираются экспериментально в процессе отработки тех. процесса. (Т.П.)

Дмитренко Р.И.

dri1@ukr.net

ИЭС.

Киев UA



"Типовая технология производства тонкостенных штамповарных цилиндрических баллонов высокого давления"

Рис. 1.

ТП: 1). СБ (осн.)  
2). С (дополнит.)

сайт: dri1.cc.ua

2008 г.

© DRI

1.

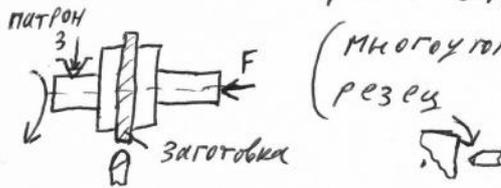
б) Изготовленные ~~длинны~~<sup>длины</sup> и горловины.

Ринце и горловина по форме идентичны друг другу и изготавливаются (лись) по одному процессу.

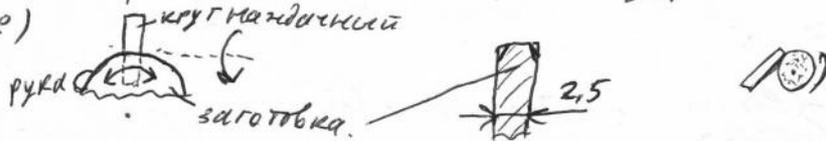
Листы металла резались на квадраты  $\square 270\text{мм}$

на ножницах вырезался многоугольник. (предварит. краской вырисовывалась окр.)

потом на токарном станке делался круг  $\phi 205\text{мм}$  (многоугольник вырезается, чтобы резец не изгибался от ударов)

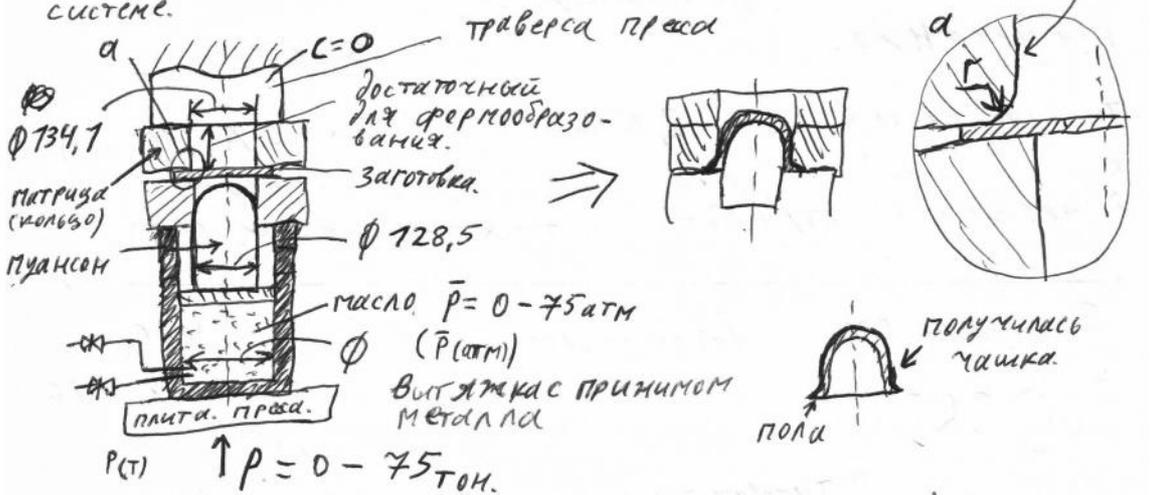


слесарной операц. (на наждаке) делается минифаска, чтобы небыло потом царапин на матрице)



штамповка.

заготовки смазываются маслом, везде. с-подвижность в системе.



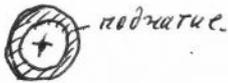
поддавливаем немного усилием  $P$  и даём давлению  $\bar{P}$  в масле. стараемся поддерживать

$$P(\tau) = \bar{P}(\text{атм})$$

конечно можно штамповать на больший ход пуансона, чтобы полка небыла, но тогда чашку трудно снимать. 2. опри

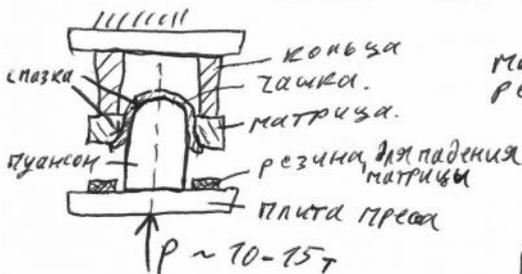
выбивать, и ставить на место (средоточко) и <sup>сб</sup> к тому же в чашке могут появиться трещинки.  
(пуансон тупеющий  $\approx 20$  кгс, <sup>пим</sup> инструментальная легированная ~~сталь~~ углеродистая ~~сталь~~ <sup>сталь</sup>  $\sim 410A$  и когда есть полка, - сжимается рукой.)

заготовка, перед штамповкой выставляется четко по центру, и усилие должно идти четко по оси, чтобы на чашке не было козарики  ухудшающего дальнейший процесс.  
(короче, чтобы усилие действовало по оси заготовки и кольца "подматих" было одинаковой ширины.)

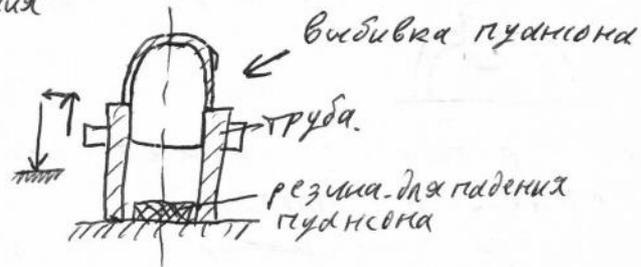


потом чашки отпускают при  $t$  600-680°C  $\pm 20^\circ$  в течение 20-30 минут.

после остывания их калибруют.



матрица с кольцами падает на резину.



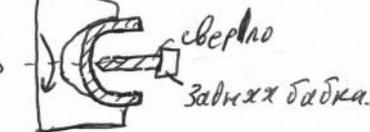
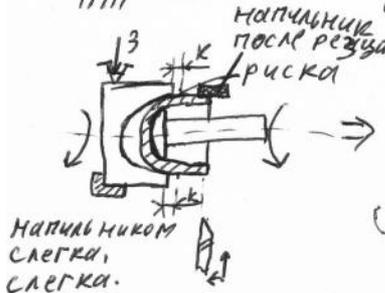
трущиеся места смазывают маслом, чтобы не было задиров и др. следов.

подрезание торца и сверление отв. в горловинах.

после того как матрица с кольцами падает (на пред. операции) на чашке наносят круговую риску, "ориентир" по ней выставляют



торец подрезают не в размер, а просто чтобы было "плоско"



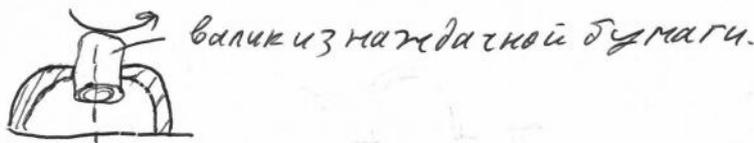
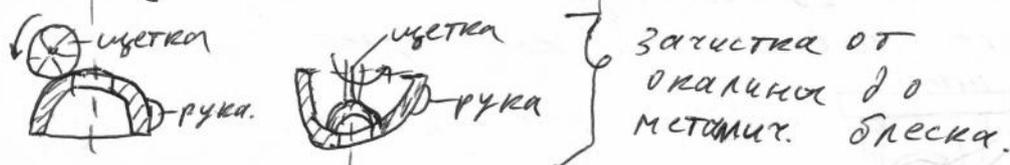
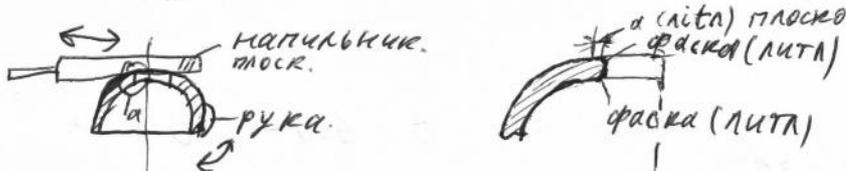
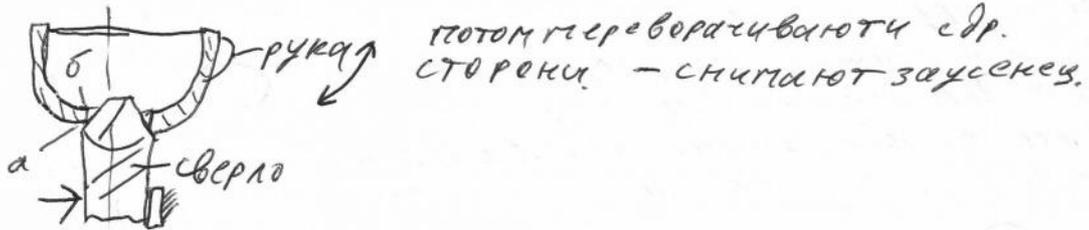
отв. после ~~сверла~~  $\Rightarrow$  сверла потом растачивают под посадочный  $R$ - $r$  горловинки.

для горловин.

Сначала зачистка поверхностей под сварку от окалины до Металлич. Блеска.



Запрессовка штуцеров в горловины.

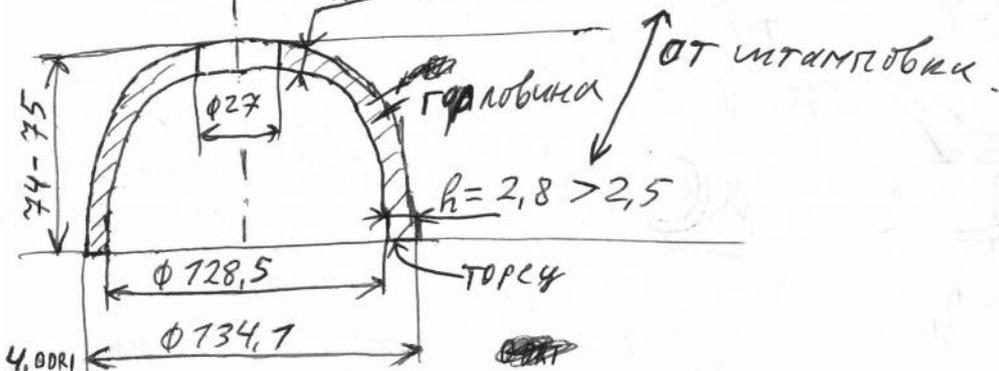


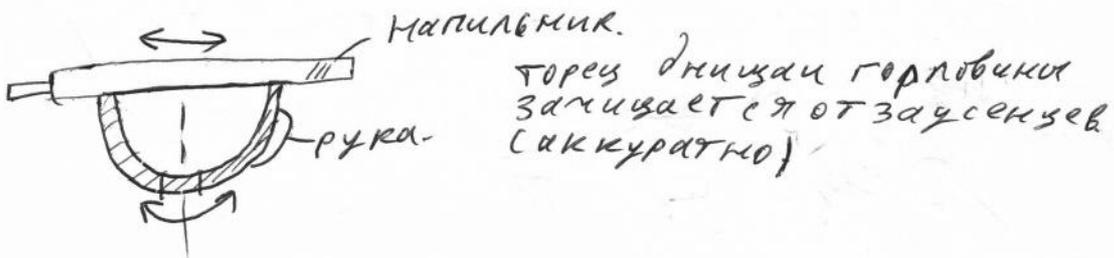
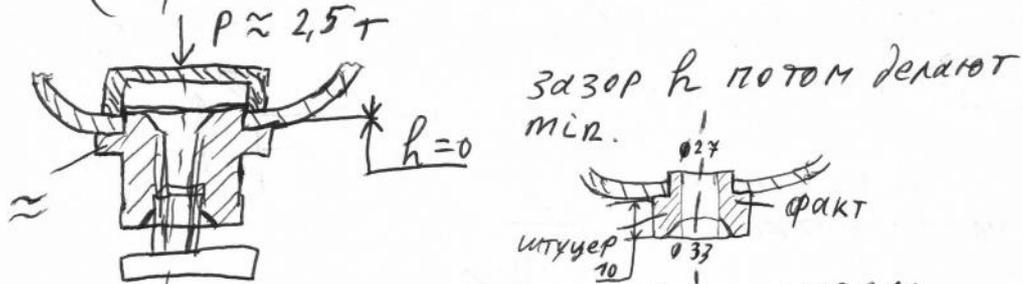
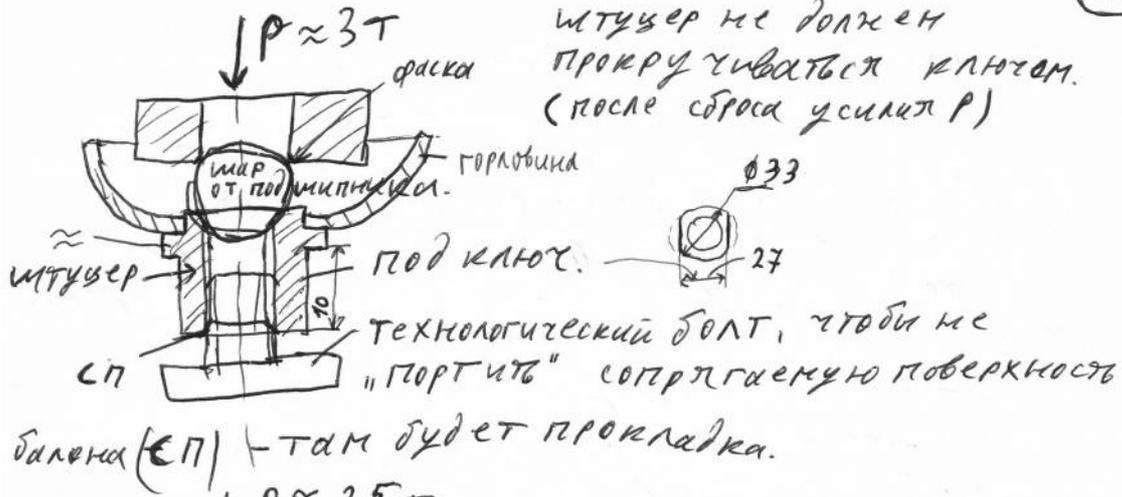
к отверстию подбирают „свой штуцер“ - посадка должна быть плотной.

сопрягаемые ~~отверстия~~ поверхности штуцеров и отверстий обрабатывают азетоном.

(протирают тряпкой смоченной в аэетоне, затем востраивают сухой тряпкой) - удаляют жир, грязь и тд. - под сварку.

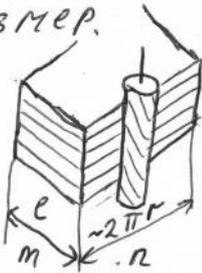
$$R = 23 - 24 < 25$$





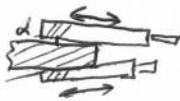
б) Изготовление обечайки.

Листы разрезаются и пакетом фрезеруются в размер.



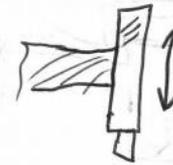
Затем листы моются от сохнат масла в тёплой воде с порошком и содой, потом полоскуются, потом вытираются, чтобы при вальцовке была большая сила трения.

Снимаются напильником заусенцы (можно ио мойки) ~~везде по периметру~~, тех сторон которые будут продольным швом, т.е.  $m$



$d$  как можно меньше.

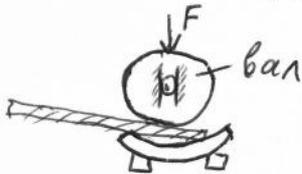
потом.



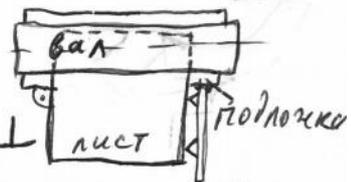
можно даже пройти метатит. щеткой



Затем делают предварительную подгибку кромок. (с обеих сторон)



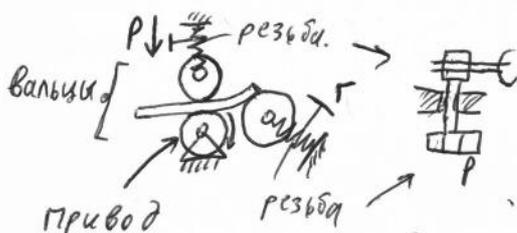
выставляют как можно  $L$



поверхности  $d$  можно пройти ещё раз напильником.

Вальцовка.

лист выставляется точно также как и  $L$



предварительно поджимают усилием  $P$  и нужным числом раз поворотом ~~на~~ болтов  $\Gamma$  на определённое число граней, получают обечайку. Затем разбирают и снимают вдоль валков.



б. 0001

Из-за перекося (лист  $\neq$  балкам) или не равного усилия подтяжки крайних болтов  $R$  концы проков могут идеально не совпасть. по этому  $e$  назначают всегда больше чем необходимо.



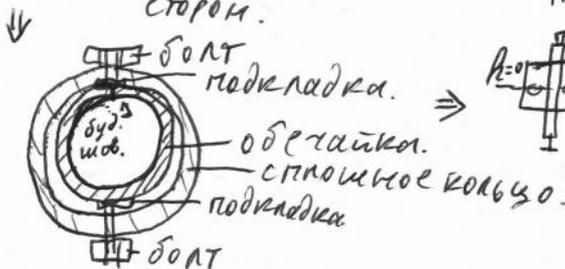
зазора  $R$  фактически не должно быть.



напильник и азетом. см выше.



2 болта с 2-х сторон.



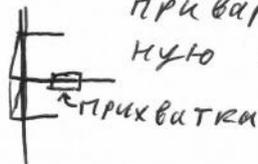
прихватки.

4-5 колец на обечайку.

зазор  $R$  выбирают до нуля (~~до нуля~~)

аргонодуговой сваркой между кольцами ставят прихватки без присадки.

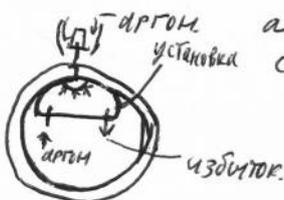
затем кольца снимаются и подрезаются не идеальности кромок, чтобы можно было приварить предварительно подготовленную вводную планку.



привариваются вводные планки со всех сторон.



затем на сварку. сваркой шов делют на автомате за два прохода, смазывают каким то составом для того чтобы  $\phi$  дуги был меньше, без присадки.



снизу тоже 2-3 отверстия подаётся аргон.

ODRI 7.

$I \approx 100 \text{ A}$     $U \approx 10 \text{ В}$

Кромки должны быть идеально подогнаны, чтобы дуга не скакала от кромки к кромке.



Затем выводные планки обрезаются ножницами или болгаркой.

и обечайки отпускаются при  $t \approx 650-700^\circ\text{C}$  30 мин.

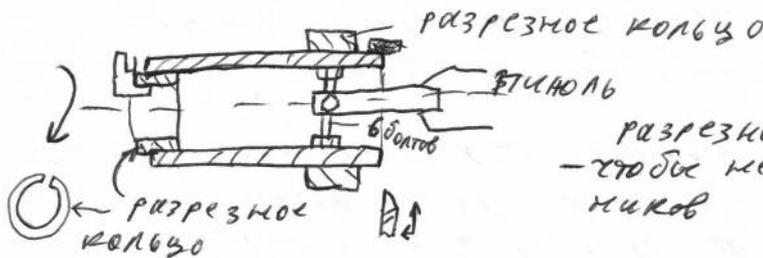
После остывания продольный шов контролируют магнитным контролем, предварительно ~~очищая~~ <sup>очищая</sup> швы <sup>ультразвуком</sup>.



обрызгивают эмульсией с содержанием мелкого порошка железа и пропускают ток.

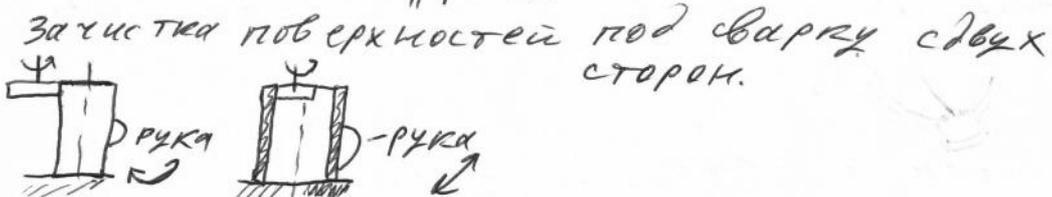
и если трещина, то там <sup>возникает</sup> определённая структура порошка. магнитопорошковый контроль.

подрезка торцов обечайки не в размер, а чтобы было гладко.



разрезные кольца - чтобы не было многогранных

напильником снаружи и внутри снимают заусенцы торцы должны быть гладкими без заусенцев и без видимых "фасок"



можно перед сваркой обработать и внутреннюю поверхность обечайки днища и горловины от окалины.



8. DPRI

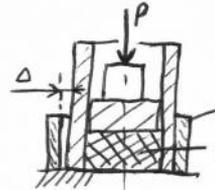
в р-не торцов обечайки ~~не~~ обрабатывают напильником за подлицо для лучшей сборки и сварки.



Диаметры горловины, обечайки и ~~днища~~<sup>СБ</sup> ~~днища~~ должны быть одинаковыми для лучшей собираемости и сварки.  
Лучше проверить длину окружности -

- точкой.

Если φ обечайки <, то их можно увеличить в р-не сопрягаемых поверхностей (торцов), но это нужно делать до контроля продольного шва и до его мех. обработки.



жесткое кольцо Ж.К.  
резинка.

P подбирается таким, чтобы не вращалось Ж.К. (выбирался зазор)

Фунт Ж.К. выбирается ~ на 7-2% больше требуемого наружного φ обечайки.

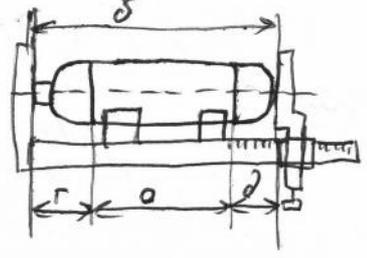
Кольцо можно потом сбить медным бруском или по методу ниже  $\rightarrow$  там

для логично можно увеличить φ горловины и ~~днища~~ (при необходимости) ~~днища~~ <sup>днища</sup> желательно до мех. обработки.



Данные методы позволяют лишь незначительно увеличить  $\rightarrow$  размер (прочность! и  $\delta$ )

Компоновка.

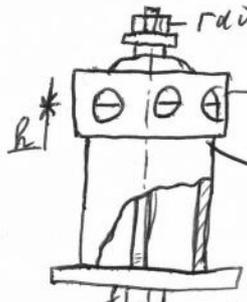


Т.к. обечайки, горловины и ~~днища~~<sup>днища</sup> ~~днища~~ делались не в р-р, то их методом перебора компонуют так, чтобы  $\gamma + o + \delta = \delta$  и помещают в один баллон.

сб) Сначала собирают горловину и обечайку.

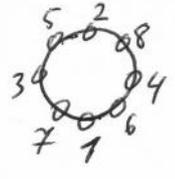


торцы предварительно обработать  
из стюком.  
технол. кольцо с отверстиями под прих-  
ватки.



гайка  
на шов накладки ваются прихватки  
 $\approx \frac{1}{2}$  шт  
плотная посадка.  
стык зажимается гайками.  
 $R=0$

гайка + стержень с двухсторонней резьбой.



прихватки накладки ваются примерно в  
соответствии со схемой вразной.  
накидают этой, где не полное  
соприкосновение. (когда прихватка ости-  
вает, она притягивает металл)

Затем всё разбирается и технологическое  
кольцо сбивается ударом его об трубу, и на  
сварку.



сварка горловины и обечайки.

лучше конечно чтобы место сварки изнутри  
обдувалось аргоном, но когда оборудование не  
может этого позволить (нет оснастки) то  
внутреннюю полость полностью заполняют  
аргоном.

сварка без присадки, в 2 слоя  
с веленой <sup>суперзвучей</sup> для уменьше-  
ния диаметра дуги.



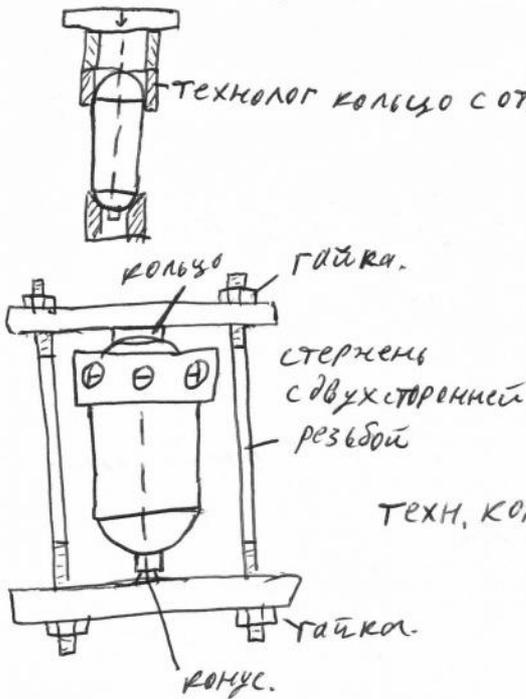
вода для создания избыточного  
давления.

аргон тяжелее воздуха, поэтому нужно тща-  
тельно полностью заполнить обьем.

70. 0DRI

Затем собирают всё с ~~донным~~ дном.

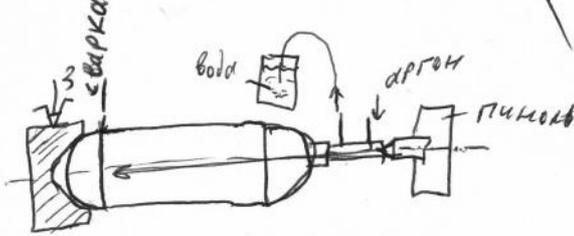
СБ



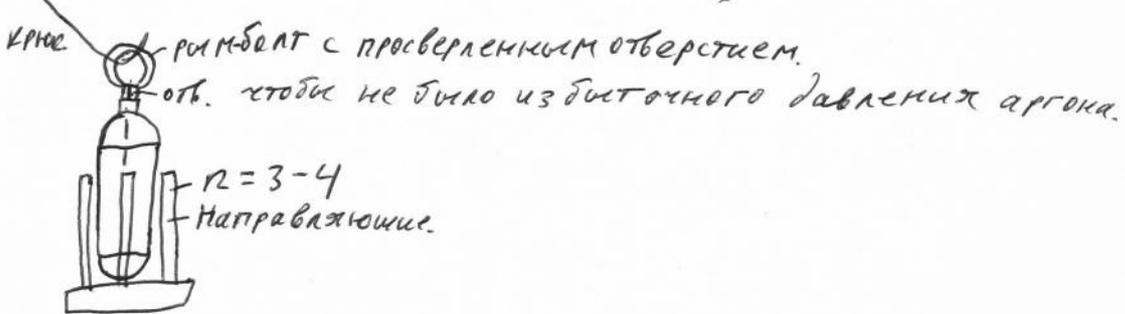
всё аналогично прихватке горловины. см. выше.

техн. кольцо затем сбивают.

приварка ~~донца~~ дна аналогична приварке горловины. см. выше.



Закалка и отпуск балона.



Бапон в вертикал. состоянии "заливают" аргонем (аргон тяжелее воздуха) и оставляют отб. помещают в печь в вертикал. состоянии в спец. направляющих.

$t = 880^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}$  - 30 мин.

и закалку производят в воде - методом окунания в вертикал. состоянии (с направляющими)

ODRI 11

сб ↓ тудя  
стола - чтобы сбить пузырьки пара. с поверхности.

Затем снова в печь в вертикальном состоянии  
(аргон не меняют)

$t = 570^{\circ} (\pm 20^{\circ})$  30 мин. - Отпуск

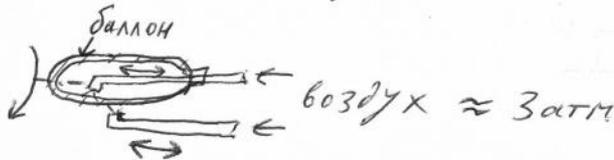
и в воду окунаем в вертикальном состоянии,  
см выше.

(воду меняют - чтобы была холодная)

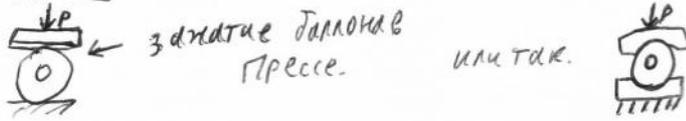
(аргон защищает от образования окисных)

затем защищают <sup>кольцевые</sup> ~~узкие~~ швы, и на  
магнитный контроль.

После закалки и отпуска в баллон набирается  
вода. которую все сливают и сушат баллон  
внутри и снаружи (каждый раз)



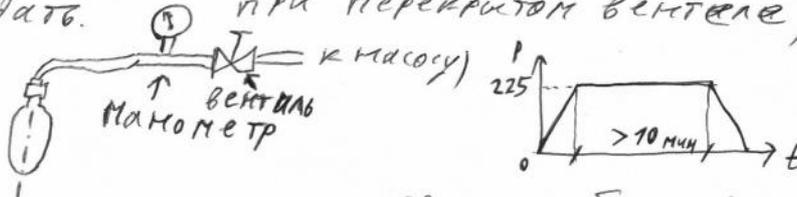
После последней сушки резьбу в горловине проходят метчиками номераки <sup>СБ</sup> I и II со смазкой маслом. (вштуцере)



Затем опрессовывают давлением.

$P = 225 \text{ атм.}$  в течение  $> 10 \text{ мин.}$

утечек не должно быть (давление не должно падать при перекрытом вентиле).

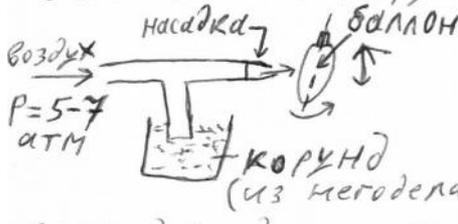


после опрессовки воду из баллона сливают и баллон снова сушат.

Затем отправляют на ~~пескоструйную~~ пескоструйную обработку.

Пескоструйная обработка - снятие окалины, баллон получается белый-матовый.

в касивание корунда - по карбюраторному методу



обработку ведут в спец. камере.

расход воздуха  $\sim 2 \text{ м}^3/\text{мин}$

корунд ударяясь о баллон разбивается в пыль,

потом контроль сварных швов. <sup>Кольцевых</sup> (~~втулочных~~)



На горловине баллона выбивают его  $\sqrt{2}$

~~или так.~~

СБ

Доголошення.

Рис.

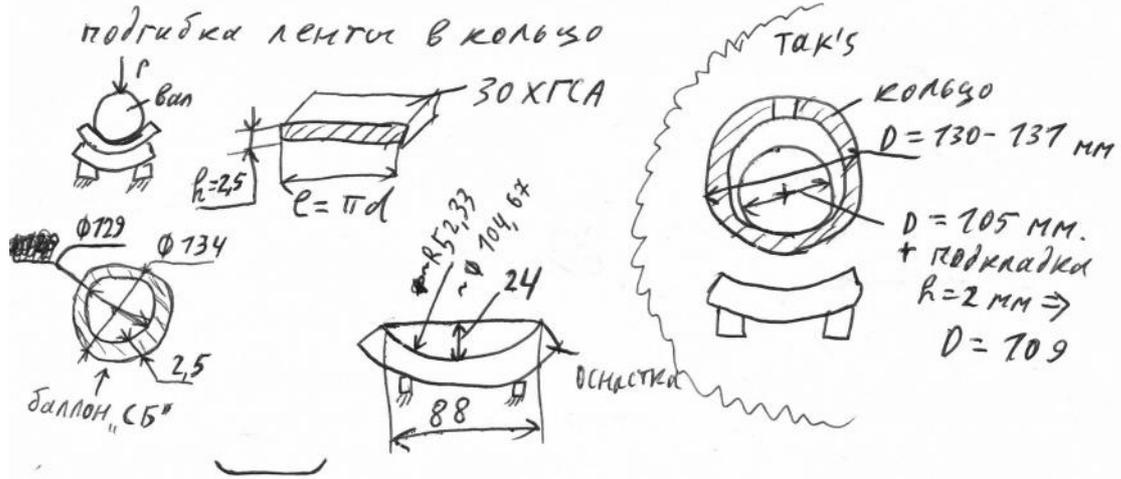


Фото. Штамповварной цилиндрический баллон „СБ“ после гидроиспытаний статическим давлением до разрушения.

74, 001

Примечания.

СБ



Баллоны делались (36 шт.) - 2-3 человека в  
тех. Змес. много времени занимает отра-  
ботка технологии и изготовление оснастки.



ODRI 13

сб) Два баллона испытали на разрушение  
После циклическ. ~~разрушения~~ давления разрушения составили

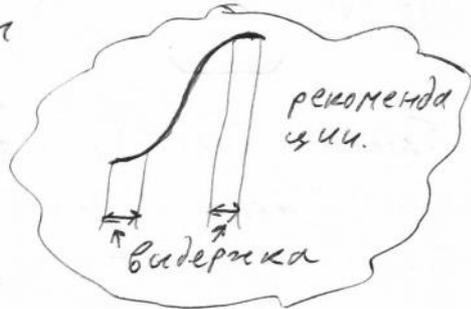
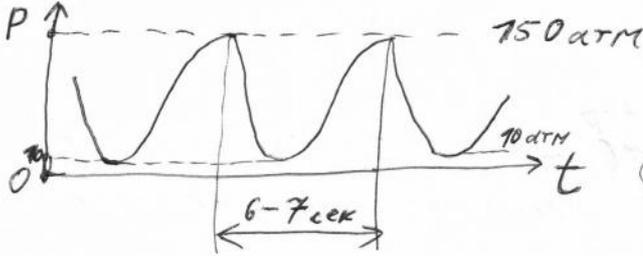
$$P_1 = 395 \text{ атм. (395) (39,5 МПа)}$$

$$P_2 = 396 \text{ атм (39,8 МПа)}$$

~~третий баллон протестировали на циклическ.~~

$N = 5000$  циклов (время цикла)

6-7 сек. (< 6 не рекомендуется)



Потом эти баллоны статически разрушили см. выше,

~~и результаты~~

углекислый газ ( $CO_2$  закачивается под давлением  $\approx 56$  атм (равновесие между жидкой и газообразной формой), наращивают баллон на 150 атм. - вдруг он будет лежать на солнышке)

2 баллона циклировались до разрушения

9000 и 8440 циклов.  $\Rightarrow$  ресурс < 840 циклов ( $n = 10$ ).

16. ODR1

## 2. Технология изготовления баллонов из листовой стали (однослойных).



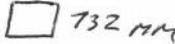
из листа толщиной  $\delta = 1 \text{ мм}$ .  
Нержавеющая хромоникелевая сталь, углерода  $< 1\%$   
аустенитная, мягкая ~~12Х18Н10Т~~  
12Х18Н10Т

$P_p = 10 \text{ атм.}$

$P_n = 20 \text{ атм.}$

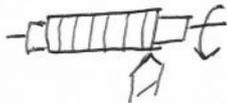
емкость  $\approx 0,3 \text{ л.}$

Усл. обознач. "С".

Для штамповки горловин и ~~дно~~<sup>дно</sup>  
вырезают квадрат  $732 \text{ мм}$   


из квадрата ножницами вырезается много угольков. и затем на токарном станке круг  $\Phi 730 \text{ мм}$ .

Круги можно производить пакетом.



после обработки, если их деформация выходит из плоскости (—) то их равняют на прессе, также можно пакетом.

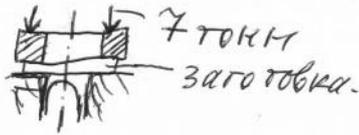
затем напильником удаляют заусенцы, чтобы они не царапали матрицу

штамповка горловин и ~~дно~~<sup>дно</sup>, а также оковка аналогична (техн. 1)

ODRI 17. (1)

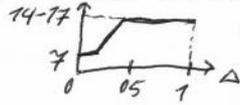
У штамповка горловин.

Предварительное поджатие ~ 7 тонн

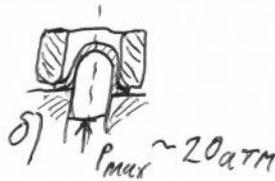
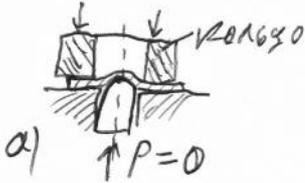


Заготовку смазывают маслом.

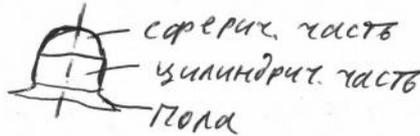
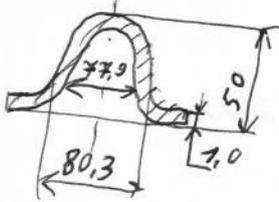
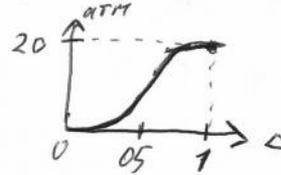
Потом, как пуансон выдавил ~ 5 мм усилие поджатия быстро увеличивают до ~ 14-17 тонн.



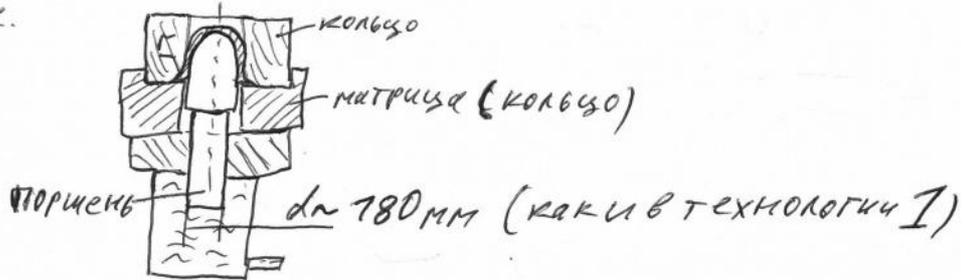
$P_{max}$  в пуансоне ~ 20 атм



$P$  растет от а) до б)

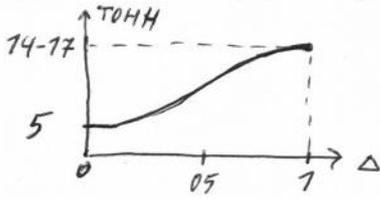


Внутренний  $\phi$  матрицы 80,3 мм.  
 $\phi$  пуансона 77,9 мм (конуса нет)  
вообще.



(2) 78. © DRI

штампобка ~~одношар~~<sup>днш</sup> (конусов) C  
предварительное поджатие ~ 5 тонн.  
потом как мушкетер выдавил ~ 5 мм.  
Усилие поджатия плавно-плавно увеличивается  
до 14-17 тонн



Дополнения

Рис.

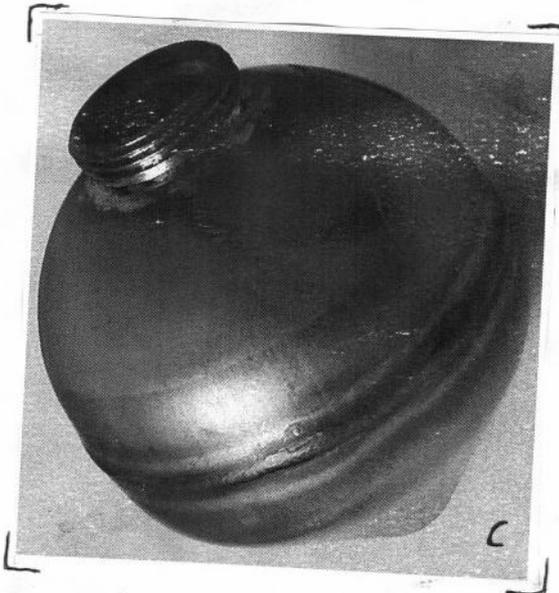


Фото. штампосварная емкость "С"

ODRI 19, 131

**Типовая технология производства тонкостенных штамповарных цилиндрических баллонов высокого давления. (TP-2008. Отсканировано).**

Ведущий инженер-технолог ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев,  
Р. И. Дмитриенко, E-mail: [dril@ukr.net](mailto:dril@ukr.net). [www.dril.cc.ua](http://www.dril.cc.ua).

Ключевые слова: *баллон, пуансон, вальцы, внутреннее давление, сварной шов, производство, технология.*

Представлена типовая технология производства тонкостенных штамповарных цилиндрических баллонов высокого давления. Однослойный баллон из листовой стали. Днище и горловина образуются методом холодной штамповки, а обечайка методом вальцевания. Обечайка варится продольным швом. Технология для единичного и мелкосерийного производства. Также представлены технологии неразрушающего контроля сварных соединений магнитопорошковым методом, и гидравлических испытаний для подтверждения соответствия баллонов нормативной документации.

**Typical technology of thin-walled cylindrical stamped high-pressure cylinders. (TP-2008. Scanned).**

Engineer PWI. Paton NAS of Ukraine, Kyiv, Roman Dmytriienko.

Keywords: *balloon, punch, roll, mills, internal pressure, the weld, production technology.*

The typical technology of thin-walled cylindrical stamped high-pressure cylinders. A single-layer balloon made of sheet steel. The bottom and the neck are formed by cold forming, and shell is by rolling. Fan Casing brewed longitudinal seam. The technology for single and small batch production. Also, the technologies of nondestructive testing of welds by magnetic particle, and hydraulic testing to verify compliance with the regulatory documentation cylinders.

Щ  
сайт: [dril.cc.ua](http://dril.cc.ua)  
Дмитриенко Р.И. [dril@ukr.net](mailto:dril@ukr.net) Дми.  
Киев 2008, UA  
(4.) 20. 0 DRI