



# DOT與JIS無縫鋼瓶製造方法介紹 與比較

J. J. Sang 桑進家 2011.12.10

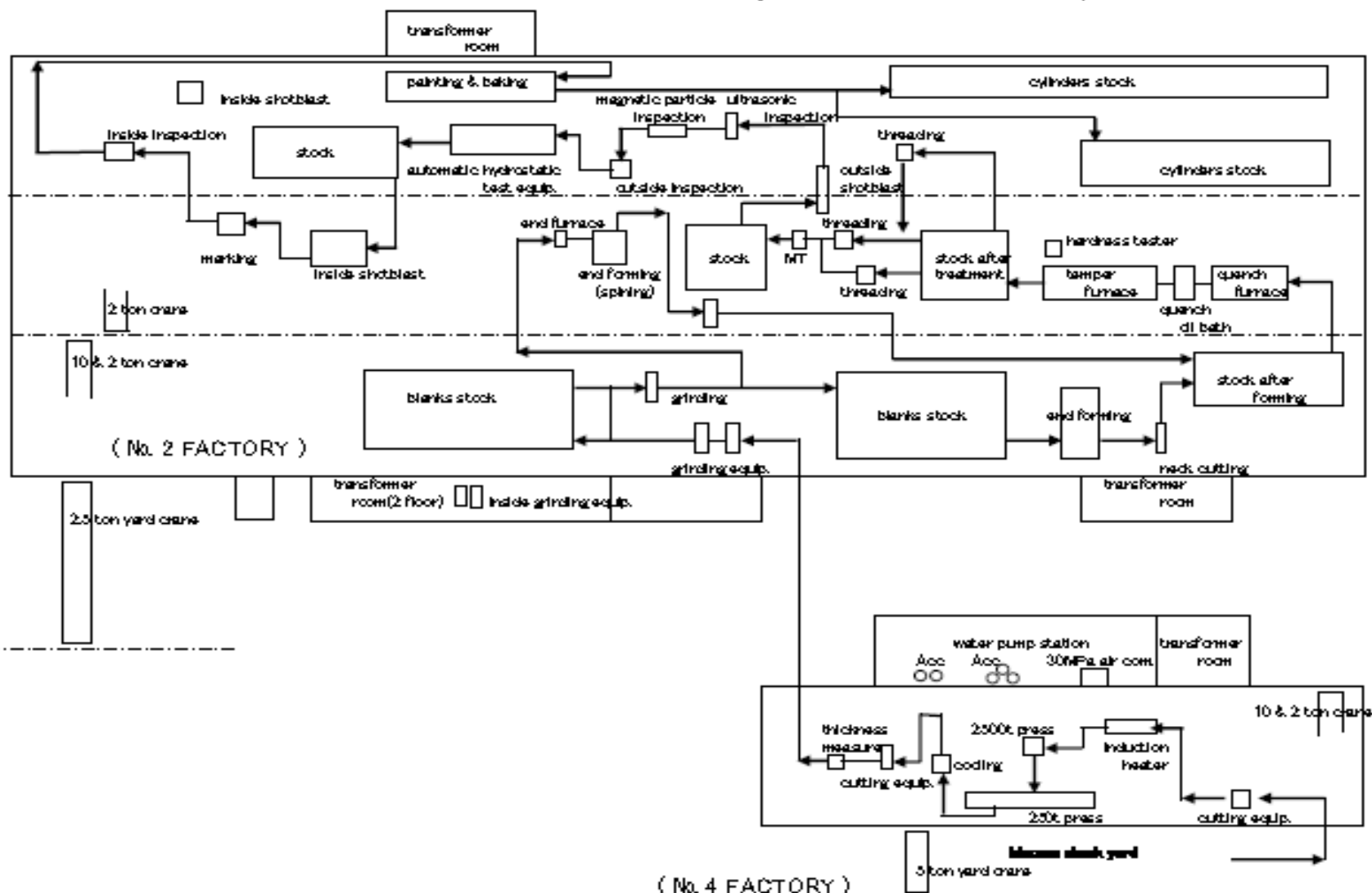
# 大綱：



- 壹. JIS 無縫鋼瓶製程圖示
- 貳. DOT 3AA無縫鋼瓶製程圖示
- 參. 檢驗相目之比較說明
- 肆. 鋼材選用
- 伍. 熱處理解說
- 陸. 鋼瓶厚度計算式
- 柒. 瓶頸螺牙解說
- 捌. 鋼瓶鋼印解說
- 玖. DOT 3AA與 JIS無縫鋼瓶法規比較說明
- 拾. 討論

## PROCESS FLOW & EQUIPMENT LAYOUT OF BILLET PIERCING TYPE CYLINDER

( No. 2 and No. 4 FACTORY )





## HOW TO MAKE SEAMLESS STEEL GAS CYLINDERS

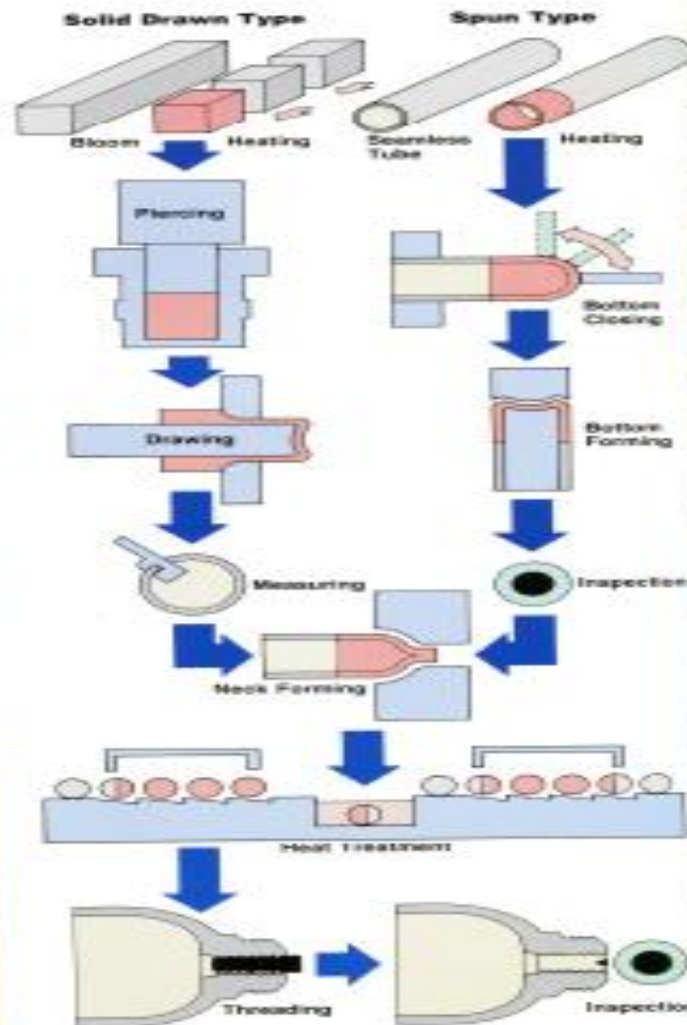
We are employing two manufacturing methods for seamless steel gas cylinders; one is Solid Drawn method (Billet piercing process) using billets and the other is Spun method (Spinning process) using seamless tubes.

Shoju Kasei Kogyo Co., Ltd. has had many years of experiences in manufacturing every kind of cylinders for both industrial and medical services according to the purchaser's requirements.



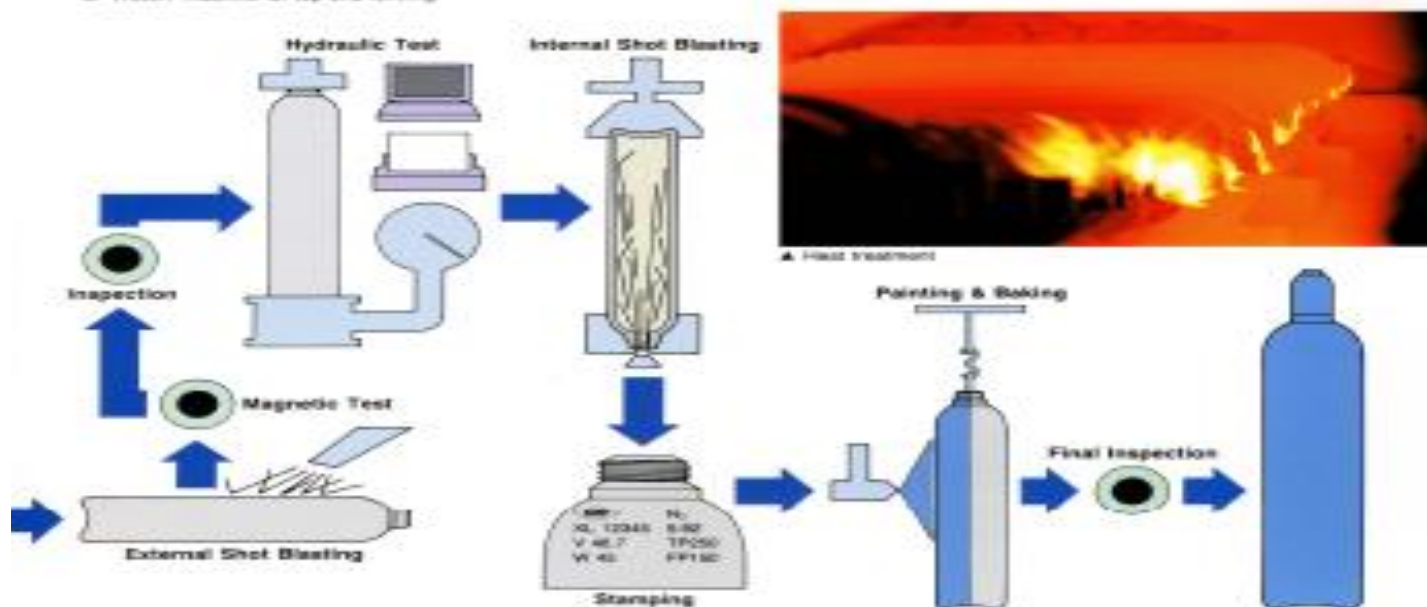
▼ Piercing Line

▲ Piercing Press





▲ 'Weslin' machine for top and forming



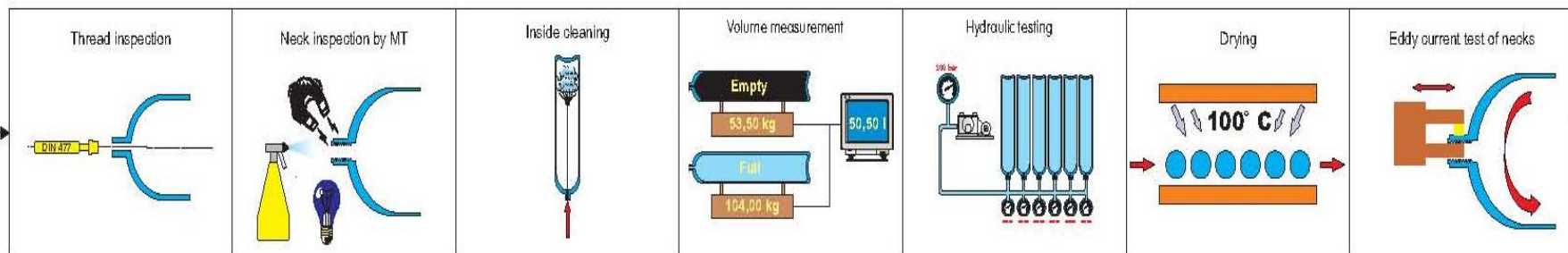
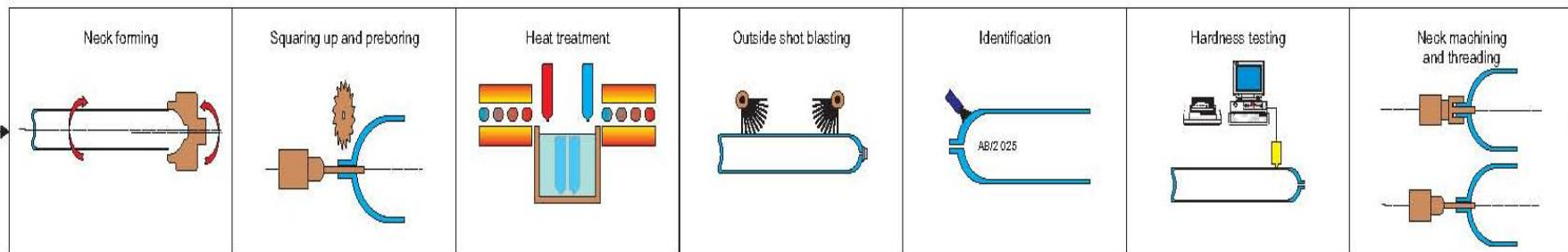
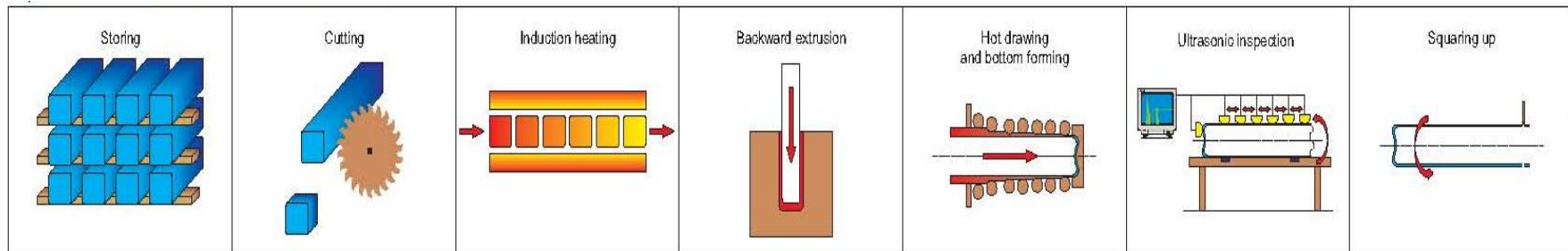
# 壹.DOT 3AA無縫鋼瓶製程圖示

## Technological route of cylinder production-Plant 1

### Cylinder manufactured from billets-1/2



聯華林德  
Linde LienHwa



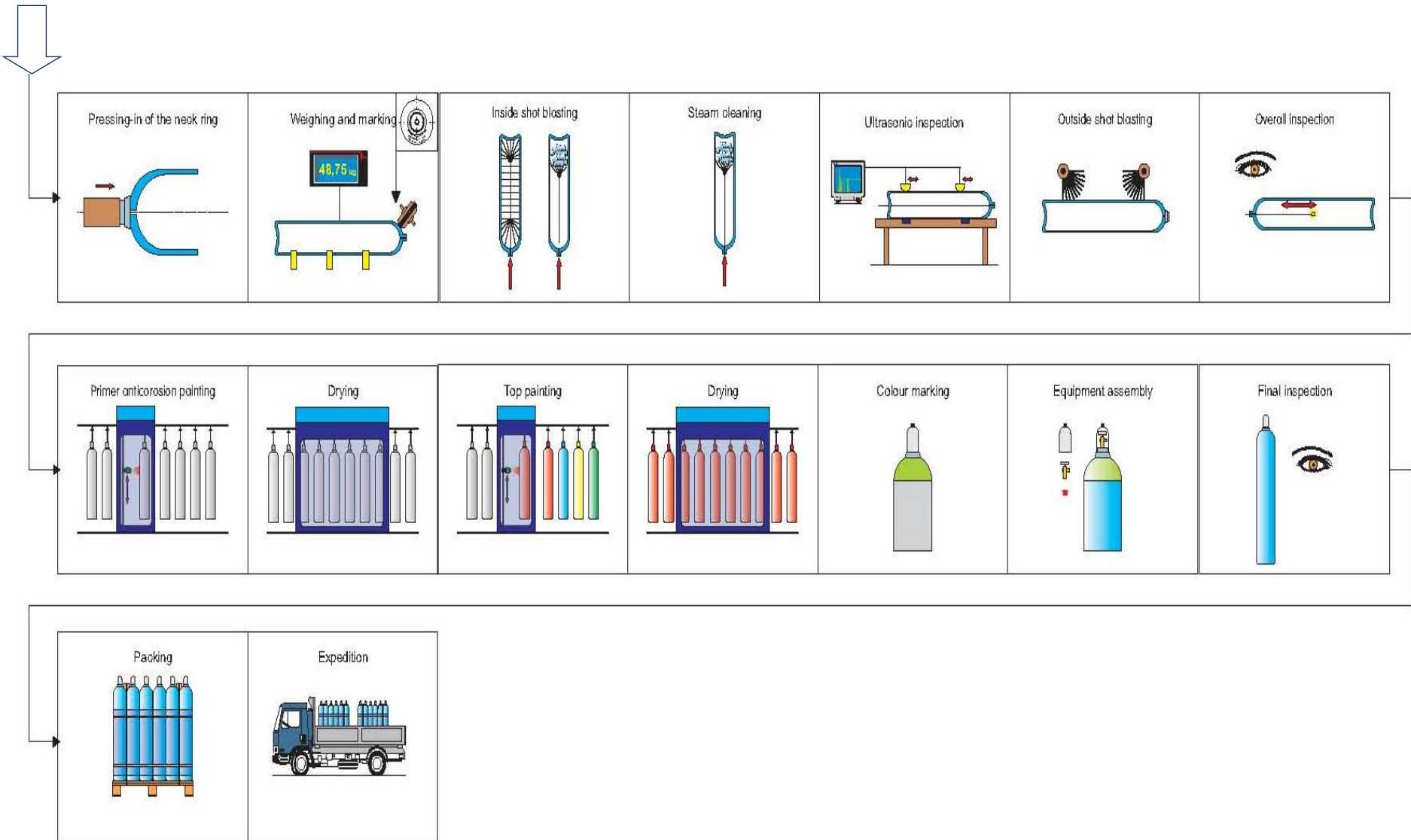
# 壹.DOT 3AA無縫鋼瓶製程圖示

## Technological route of cylinder production-Plant 1

### Cylinder manufactured from billets-2/2

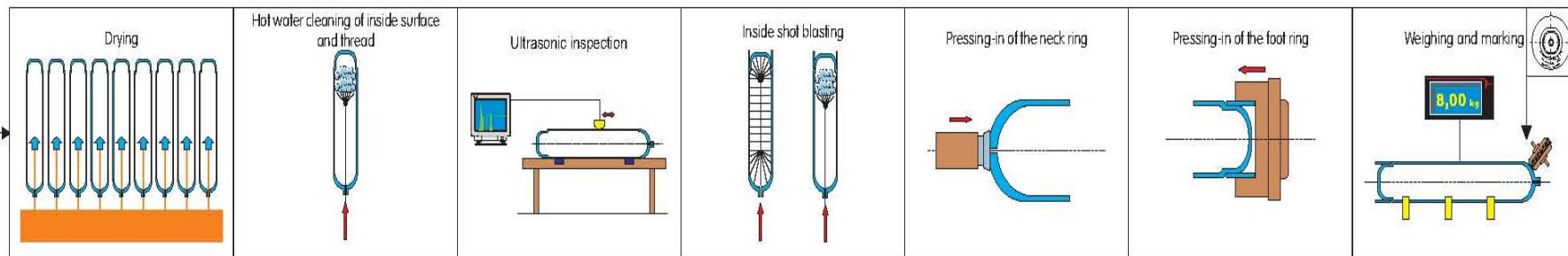
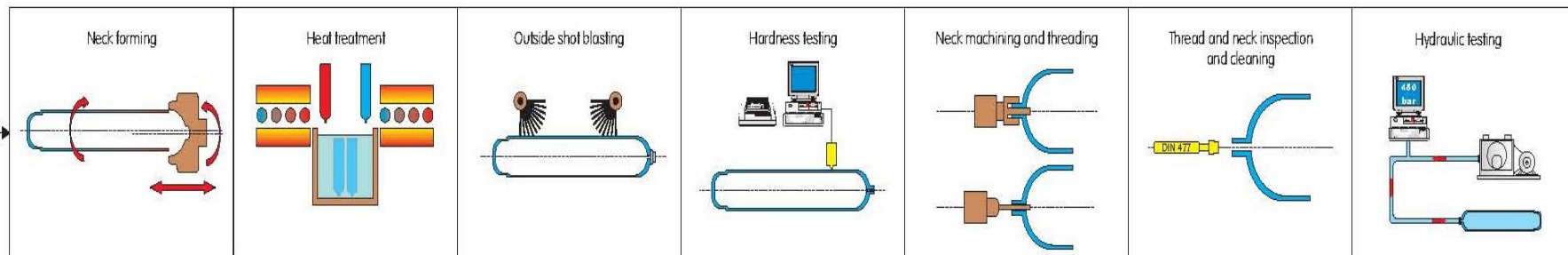
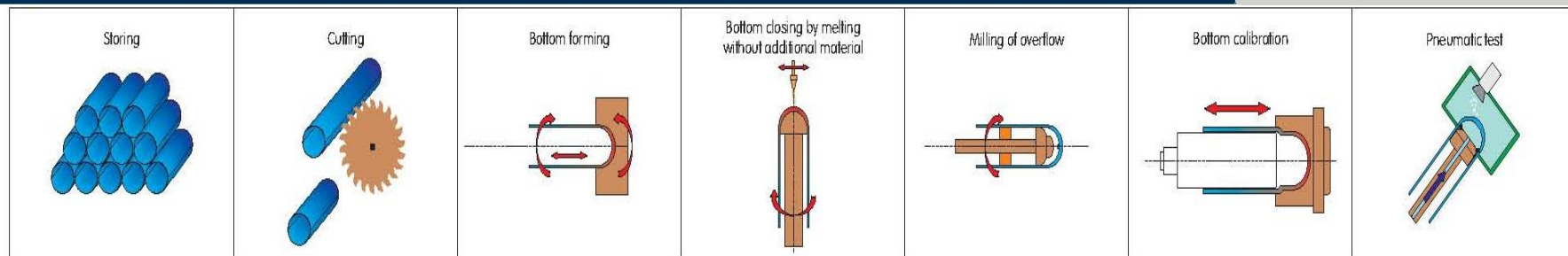


聯華林德  
Linde LienHwa



# 壹.DOT 3AA無縫鋼瓶製程圖示

## Technological route of small cylinder production-Plant 2 Cylinder manufactured from pipes-1/2



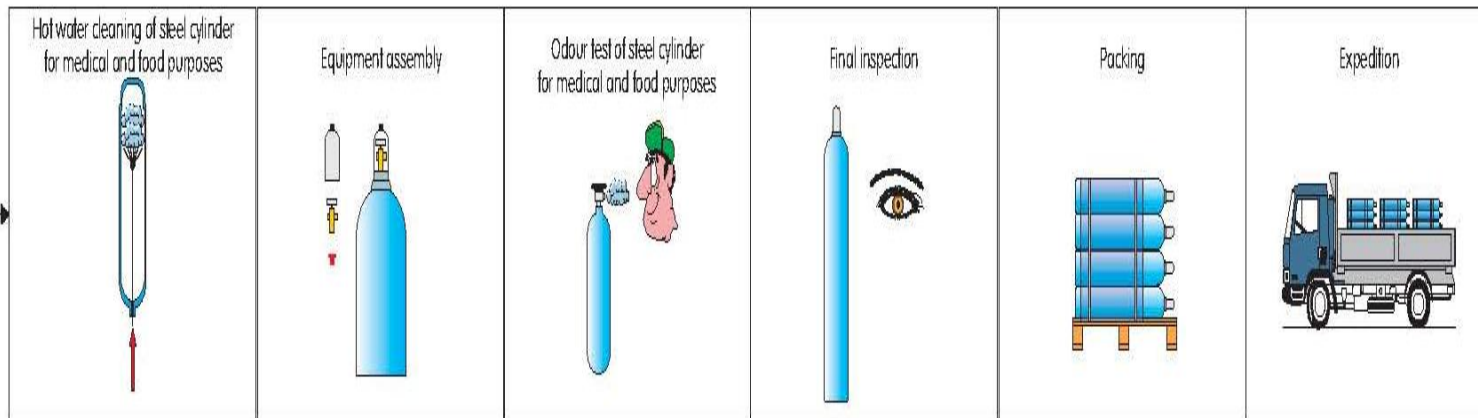
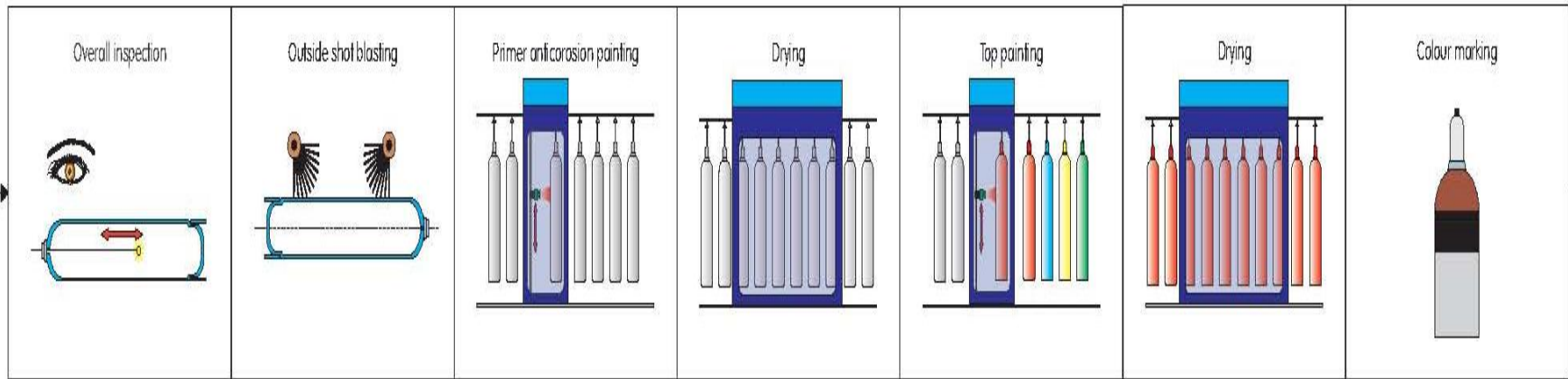
# 壹.DOT 3AA無縫鋼瓶製程圖示

## Technological route of small cylinder production-Plant 2

### Cylinder manufactured from pipes-2/2



聯華林德  
Linde LienHwa



# 壹.DOT 3AA無縫鋼瓶製造-設備流程及品保(Q.A.)-1/2



**Facilities Flow Chart  
CP Industries  
Cylinder Manufacturing Sequence**

Processing Step	Processing Options	Equipment	Quality Assurance Points
Raw material receipt			Identity verification
Incoming inspection		Ultrasonic inspection system	Ultrasonic thickness measurement / visual inspection
Material cut to length			Application of stamped identity
Forge heads	Forge by spinning	Rotational spin forging	
	Forge by hammering	Hammer die forging	
Heat treatment	Water quench & temper	25° HT complex	
	Polymer quench & temper	50° HT complex	
Material property verification	Tensile testing – 3 <sup>rd</sup> party witness	Universal testing machine	Determination of material Ultimate Tensile Strength, Yield Strength, and % Elongation
	Charpy V-notch testing – 3 <sup>rd</sup> party witness	Impact testing machine	Determination of material toughness
	Brinell hardness testing – 3 <sup>rd</sup> party witness	Portable Brinell hardness machine	Determination of material hardness
OD surface de-scaling		Automated OD shot blast	
OD surface conditioning	Visual inspection		Removal of OD surface imperfections and verification of straightness, ovality, and eccentricity
	Magnetic particle inspection	Stationary and portable MT machines	Verification of surface conditioning
Cylinder end connection threading	OD & ID boring and threading	End mills, boring mills, and thread gages	Thread gaging, MT & PT inspection of sealing surface & overall length verification
	Cylinder drain holes	Drill press	Thread gaging
Cylinder hydrostatic test	Jacket test – 3 <sup>rd</sup> party witness	42° vertical water jacket - (22" OD)	Hydrostatic leak test and verification of material elasticity.
		Two (2) – 25° vertical water jackets – (24" OD)	Hydrostatic leak test and verification of material elasticity.
	Open test – 3 <sup>rd</sup> party witness	Up to 10,000 psi pumping system	Hydrostatic leak test
Steam clean		Pressurized steam clean while cylinder is mounted in a vertical up-ender	
I.D. surface cleaning		ID shot blast & cylinder vertical up-ender	

# 壹.DOT 3AA無縫鋼瓶製製造-設備流程及品保(Q.A.)-2/2

Processing Step	Processing Options	Equipment	Quality Assurance Points
I.D. surface conditioning	Visual inspection 3 <sup>rd</sup> party witness	White & black light	Removal of ID surface imperfections and hydrocarbons
	Visual inspection	Thread gages	Thread inspection and required re-gaging after hydrostatic testing
	Polished ID - 3 <sup>rd</sup> party witness	Mechanical polishing system	Verification of ultra-smooth surface finish
Ultrasonic flaw inspection		Four (4) way flaw detection ultrasonic system	ID & OD flaw detection
Installation of end plugs	O-ring seal end plugs		Verification of plug material and heat code identity
	Seal welded end plugs	SMAW, GMAW & GTAW machines	VT, MT & PT inspection of finished welds
Paint	ID surface painting	Pneumatic spray paint machines	Visual inspection and dry film thickness measurement of coating
	OD surface painting	Pneumatic spray paint machines	Visual inspection and dry film thickness measurement of coating
Single or multiple cylinder unit assembly	I-Beam or mounting frame assembly w/ Safety Relief Devices		
	Multi-puck unit w/ manifold	SMAW, GMAW & GTAW machines for manifold assembly (carbon & stainless steels)	VT, MT & PT of final manifold assembly. Hydrostatic and/or pneumatic testing of manifold.
Pneumatic test	Pneumatic testing system	Nitrogen and Helium pumping system	Bubble leak test of final cylinder or unit assembly
Vacuum & purge		Oil free vacuum pumping system	ID surface preserved in nitrogen atmosphere



#### · 硬度 (Hardness)

在材料的表面施以外加壓力時，材料會產生凹痕變形，抵抗此種受壓變形的能力較大者所產生的變形量較小，表示硬度較高。

硬度試驗法對材料只產生局部性的破壞，且操作比較簡單，故應用很廣。

通常可以硬度值做為材料強度大小的指標。

硬度試驗法有勃氏(Brinell，HB)、洛氏(Rockwell，HRC,HRB等)、維氏(Vickers，HV)、蕭氏(Shore，HS)、努氏(Knoop,HK)和莫氏(Mohs)等。

## 勃氏硬度試驗 ( Brinell Hardness Test )

勃氏硬度試驗是壓入硬度試驗之一種，其測量值用HB或BHN表示。

該試驗最初由瑞典工程師 Johan August Brinell（1849年-1925年）於1900年提出。布氏硬度是第一個被廣泛用於工程學及冶金學的標準化硬度試驗。此試驗方法因壓痕較大和對待測材料損傷明顯，應用受到一定限制。

### 試驗方法

勃氏硬度試驗一般採用直徑10毫米的球形鋼壓頭，用一定的負荷（試驗力）壓入被測材料表面。常見的試驗力可高達3,000千克力(29千牛頓)；對於軟的材料則可用較小的負荷。如果試驗材料很硬，則以碳化鎢球壓頭代替鋼壓頭。保持負荷一定時間後，卸除試驗力，測量材料表面留下的壓痕之直徑。勃氏硬度的使用上限HB450，適用於測定退火、正火、調質鋼、鑄鐵及有色金屬的硬度。

Brinell Hardness Tester



勃氏硬度機

## 洛氏硬度試驗(Rockwell Hardness Test)

洛氏硬度試驗是簡便、迅速的硬度測試方法。洛氏硬度試驗方法廣泛應用於生產製造、科學研究的各個領域。

### 試驗方法

洛氏硬度(HR)也是用壓痕的方式試驗硬度。它是用測量凹陷深度來表示硬度值。洛氏硬度試驗用的壓頭分硬質和軟質兩種。

使用初始試驗力 $F_0$ 將壓頭垂直壓入試樣表面，然後施加主試驗力，使用總試驗力 $F_0+F_1$ 壓入並保持一段時間後，撤除主試驗力，保持初始試驗力。施加主試驗力後與施加主試驗力前壓痕深度的差值與材料的洛氏硬度值有著線形關係，在洛氏硬度標尺上每2微米壓痕深度差值代表一個洛氏硬度刻度。

Rockwell Hardness Tester



洛氏硬度機

## 參.檢驗項目之比較說明

### 常見硬度試驗種類-4/7

#### 蕭氏硬度試驗 (Shore Hardness Test)

是於1906年由美國之 A. F. Shore 所發明。在在廣用為動性硬度試驗法的代表。此種試驗法之優點為幾乎不在試片表面留下痕跡、輕巧方便、易於攜帶使用，可應用在大型鑄件等工件；缺點則為錘端易變形，需隨時注重校正之工作。

#### 試驗方法

蕭氏硬度試驗係使用下端嵌有金鋼石之圓形小錘由一定高度落下，衝擊水平式片之表面，以其落下後反彈之高度來決定材料之硬度值。如試片的硬度越大，則衝擊壓痕淺，消耗能量少，殘餘能量大，會有較高的反跳高度。反之亦然，所以可用小錘的反跳高度來表示蕭氏硬度，通常用HS記號表示之。



蕭氏硬度試驗機

### 維氏(Vickers)硬度試驗——微小硬度試驗

維氏硬度試驗最初於20世紀20年代初被提出，比起其他硬度試驗其優點有：硬度值與壓頭大小、負荷值無關；無需根據材料軟硬變換頭；正方形的壓痕輪廓邊緣清晰，便於測量。維氏硬度被應用於**所有金屬**，尤其適用在**厚度很薄、表面硬化或電鍍等材料**。並是應用最廣泛的硬度標準之一。

只要被測材料質地均勻，維氏硬度試驗可以用低負荷和小壓痕得到可靠的硬度值，這樣能減少材料破壞，或用於薄小的試驗材料。

Digital Micro Hardness Tester

### 試驗方法

試驗時，在載荷P的作用下，使用是錐面夾角為 $136^\circ$ 的金剛石四方錐體。在試樣試驗面上壓出一個正方形壓痕。測量壓痕兩對角線的平均長度d，借以計算壓痕面積AV，以 $P/AV$ 的數值表示試樣的硬度，以HV表示。

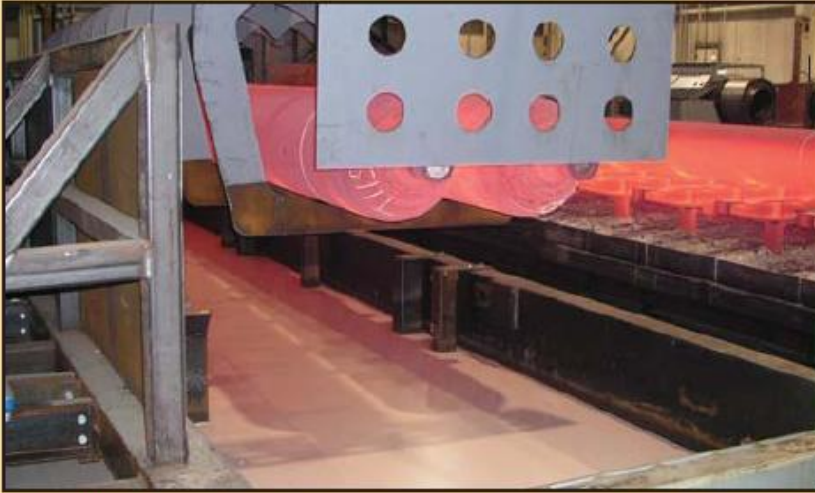
維氏硬度試驗使用的荷重，依試片軟硬、厚薄之不同從1kg至120kg間選用適當之荷重，但最常用者有10kg,30kg及50kg三種



微小硬度試驗機

# 參.檢驗項目之比較說明

## Cylinder Hardness Test-6/7



7. Liquid quenching of the vessels continues the heat-treating process of achieving product uniformity and required physical properties for regulatory compliance.



8. Hardness testing and other inspections confirm results of the heat-treating processes.

# 參.檢驗項目之比較說明

## Cylinder Hardness Test-7/7



## 參.檢驗項目之比較說明

### 拉伸實驗

拉伸試驗(Tension Testing): 為可以知道材料機械性質的方法之一，主要是希望得到材料的抗拉強度、延伸率等等。希望得到這個數值是想知道材料的可以耐受的強度與在多大的應力之下還是屬於安全的工作範圍。同時也希望當材料所受到的應力超過抗拉強度的時候，還有一定的時間能讓我們做應變的動作。

拉伸試驗中常記錄到的為拉抗強度、降伏強度、降伏點等，依材料性質的不同而在應力-應變拉伸試驗屬於材料機械性質的測試。多半要規範材料使用的限制。例如一定牌號的材料，不管製成什麼東西供人使用，其強度就得達到規範的數值。不然就是不合格的材料。

常見使用拉伸的行業“建築業”，這鋼筋用最多的，不過用在哪邊(柱子、樓板、人行道等等)，都有一定的規範。紡織業，所做出來的繩子也需要強度的測試(也是用拉伸試驗喔)。機械業，這就不用說啦。汽車業，人命是無價的。總歸一句話，只要是做出來供人使用的，就一定得通過機械性質的測試，不然是不安全的東西。最常遇到的就是公車、捷運上面把手拉桿，上頭那段布料、鋼絲結合拉桿，也是得經過拉伸的試驗。



# 參.檢驗項目之比較說明

## 應力 (STRESS) 與 應變 (STRAIN)

### 。應力與應變關係。

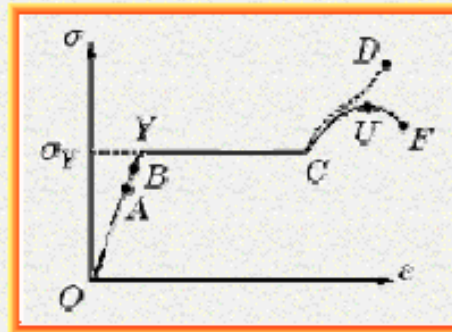
透過實驗我們可以得到應力與應變之間的實際關係，對於典型的延性材料(如低碳鋼)，其正向應力與正向應變在單軸向拉力試驗的結果如圖(a)所示。

其中各段之意義分述如下：

- (1)OA段中應力與應變為線性關係，亦即兩者呈正比例，以數學式表示為

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

上式中的 $E$ 值為比例常數，稱之為「Young氏係數(Young's modulus)」，或「彈性係數(modulus of elasticity)」。



圖(a)

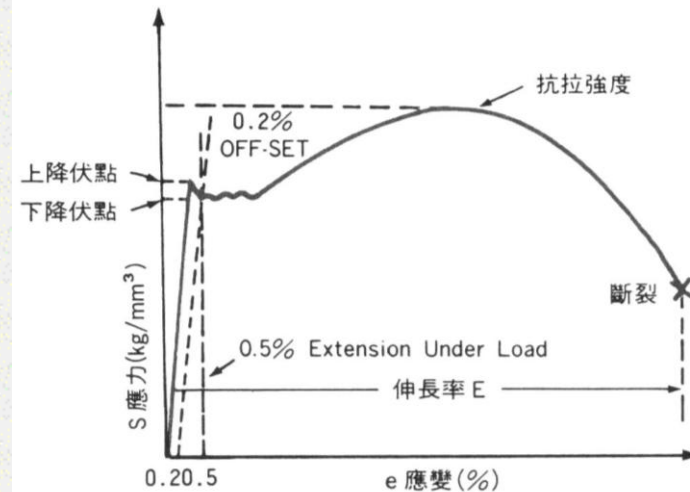
- (2)過A點後的AB段中，應力與應變不再為線性關係。但在此範圍內，材料仍保有「彈性(elasticity)」行為，所以AB段稱為「非線性彈性」。
- (3)到達Y點時，應力與應變關係即將進入YC段的「降伏階段」，所以Y點稱之為「降伏點(yielding point)」，其相應的正向應力 $\sigma_Y$ 稱「降伏應力(yielding stress)」。
- (4)YC段中材料呈完全塑性(perfectly plastic)化，也就是應力不增加而應變可以隨意調整，這種現象也稱為「降伏(yielding)」。

- (5)到達C點後應力又隨應變增加而增加，此稱作「應變硬化(strain harden)」。
- (6)材料之應力值在U點處達到極值，所以相應的應力 $\sigma_U$ 稱作「極限應力(ultimate stress)」。



圖(b)

- (7)過了極限應力之後，材料試體內有部分區域的斷面產生極度的收縮，稱為「頸縮(necking)」，如圖(b)所示。最後，應力與應變關係發展至F點時材料即發生斷裂。



# 參.檢驗項目之比較說明

## JIS無縫鋼瓶之鋼材的抗拉強度

表 5 容器之機械性質

種	類	降伏點或彈性極限應力 kgf/mm <sup>2</sup> {N/mm <sup>2</sup> }	抗拉強度 kgf/mm <sup>2</sup> {N/mm <sup>2</sup> }	延伸率 %	衝擊值 kg · m/cm <sup>2</sup> {J/cm <sup>2</sup> }	
					平均值	各個之值
碳鋼容器	1 種	※	※	30 以上	6.0 {59} 以上	4.5 {44} 以上
	2 種	※	※	25 以上	6.0 {59} 以上	4.5 {44} 以上
錳鋼容器	1 種	※	※	20 以上	5.0 {49} 以上	3.8 {37} 以上
	2 種	※	※	17 以上	7.0 {69} 以上	5.3 {52} 以上
鉻鉬鋼容器		※	※	17 以上	9.0 {88} 以上	6.8 {67} 以上
鎳鉻鋼容器		※	※	17 以上	9.0 {88} 以上	6.8 {67} 以上
不銹鋼容器		21 {206} 以上	53 {520} 以上	35 以上	—	—

備考 1. 表中有※記號時之降伏點或彈性極限應力及抗拉強度如下

- (1) 材料必須符合國家標準或同等品質以上規格者，降伏點或彈性極限應力及抗拉強度有規定者，為其最小規格值以上。
  - (2) 材料為須符合國家標準或同等品質以上規格者，降伏點或彈性極限應力及抗拉強度無規定者，為容器製造業者所保證值。
  - (3) 材料為如使用上述規格以外者，為容器製造業者所保證值。
  - (4) 實施淬火後回火之錳鋼容器，鉻鉬鋼容器及鎳鉻鉬鋼容器，降伏比為 90 % 以下。
2. 容器胴體厚度，未滿 8mm 之場合，試驗片實測厚度比 8mm 減少 1mm 或小數部份，則延伸率之最小值，從表 5 之延伸率之數值減 1 所得之值，依數值化成整數方法化成整數值。
  3. 幅度（寬）5mm 之試驗片，不能採取之容器及實施淬火後回火之容器，如為錳鋼容器時，抗拉強度 90kgf/mm<sup>2</sup>{883N/mm<sup>2</sup>} 以下，又鉻鉬鋼容器、鎳鉻鉬鋼容器，其抗拉強度為 95kgf/mm<sup>2</sup>{930N/mm<sup>2</sup>} 以下時，衝擊試驗可以省略。

11.1.1 供抗拉試驗，衝擊試驗及壓區試驗或彎曲試驗等之容器，係從同一鋼種製造，同一熱處理後之同一外徑、厚度及形狀，從同一容器群，依照表 12 所示採取。

表 12 供試容器之採取方法

內 容 積 之 區 分	容 器 之 數
未滿 5 公升	1500 支及供試驗容器支數
5 公升以上 未滿 30 公升	1000 支及供試驗容器支數
30 公升以上 未滿 75 公升	500 支及供試驗容器支數
75 公升以上	200 支及供試驗容器支數

- 備考 1. 供試驗容器，必要時可以為 2 支
2. 容器胴體之長度，就特殊容器，從同一鋼種製造，同一外徑及厚度，同一熱處理實施，具外徑之 3 倍以上長之圓筒材料，可代替供試驗容器。

## 參.檢驗項目之比較說明

### JIS無縫鋼瓶之壓扁測試



11.4 壓扁試驗：壓扁試驗如下列之規定。

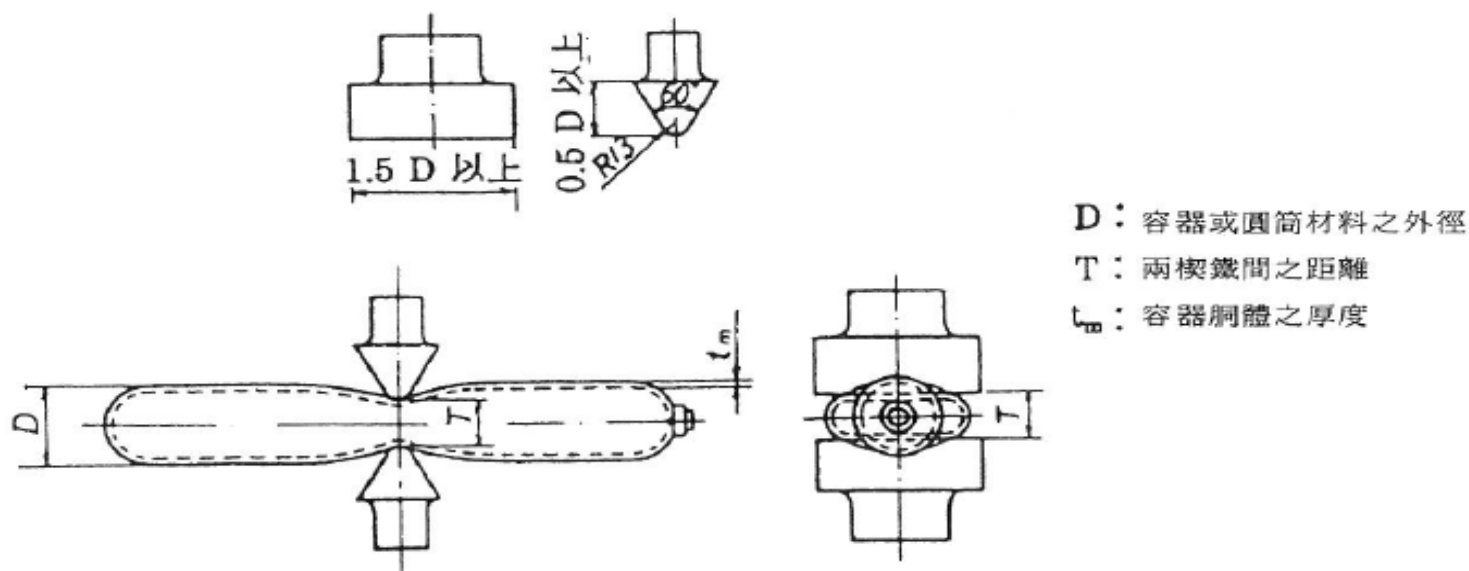
11.4.1 為供試驗用之試驗容器或圓筒材料。

11.4.2 試驗方法，依照圖 4 所示，使用  $60^\circ$  頂角，前端加工成半徑 13 mm 之圓弧，製成 2 個鋼製楔鐵，用作容器或圓筒材料，如圖 4 大約在軸中央部，垂直加壓之壓扁試驗。厚度在壓扁部近旁予定好之 4 個處所測定之，作為平均厚度 ( $t_m$ )。

又，圓筒材料之厚度，以在材料之一個邊端測定之厚度為平均厚度 ( $t_m$ )，此可作為取代之用。

圖 4 壓扁試驗

單位：mm





(j) *Flattening test.* A flattening test must be performed on one cylinder taken at random out of each lot of 200 or less, by placing the cylinder between wedge shaped knife edges having a 60° included angle, rounded to ½-inch radius. The longitudinal axis of the cylinder must be at a 90-degree angle to knife edges during the test. For lots of 30 or less, flattening tests are authorized to be made on a ring at least 8 inches long cut from each cylinder and subjected to same heat treatment as the finished cylinder.