



2. 材料検査(MATERIAL INSPECTION)

金属材料は、適正な化学成分、鑄造方案、鍛造仕様、そして適正な熱処理を実施することにより、計画された強度及び耐食性を得ることができます。

2.1 対象部品及び材料証明書の区分

2.1.1 対象部品

バルブの部品は、用途により次のように分類することができる。

(1) 耐圧部品(Pressure Containing Parts) “流体を外へ漏らさない”

例えば、BODY, BONNET, COVER, BONNET/COVER BOLT&NUT, GLAND BOLT&NUT, BONNET GASKET, GLAND PACKING を上げることができるが、GASKET 及び PACKING は、材料検査の対象としないで圧力検査及び機能検査時に性能を確認することができる。

(2) 流体接液部の部品 “流体の流れを制御する”

主な部品は、STEM, SEAT RING, DISC, HINGE, HINGE PIN を上げることができる。

(3) その他の部品

一般的に材料検査の対象としないが、バルブメーカーは社内規定で管理方法を定める必要がある。

参考：上記の材料選定は、バルブの種類により機能、仕様を考慮して適切に判断する必要がある。

2.1.2 材料証明書の区分

材料証明書の区分とは公的機関が発注者側又はメーカーの何れかの証明を必要とするかについて規定するもので、ISO10474/EN10204/DIN50049 Types of inspection documents に従い区分している場合が多い。

EUROPEAN STANDARD EN 10 204 : 2004, TYPES OF INSPECTION DOCUMENTS では、証明書のTYPE を次のように区分している。(1995年版から変更になっている。)

TYPE	証明書の種類	証明者
2.1	声明文(STATEMENT OF COMPLIANCE)	メーカー
2.2	検査成績書(TEST REPORT)	メーカー
3.1 (ISO 3.1B)	検査証明書(INSPECTION CERTIFICATE)	メーカーの製造部門から独立した品質管理部門
3.2 (ISO 3.1A&C)	検査証明書(INSPECTION CERTIFICATE)	3.1 及び発注者が指定した第三者公認検査員

例えば、Bonnet Gasket 及び Gland Packing を除く耐圧部品を Type 3.1、接液部の部品を Type 2.2 又は Type 2.1 と購入仕様書に規定する場合もある。

特に Type 3.2 を規定する場合は、発注者が購入仕様書に対象部品、検査方法、判定基準をメーカーに明確に提示しなければならない。



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論 (改訂版)

<http://wingshome.co.jp/introduction.html>

e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0b

Sheet 13 / 137

対象部品と証明区分の参考例を下記に記載する。

部品名称	EN 10 204 : 2004 による証明区分(TYPE)
BODY	3.1
BONNET	3.1
COVER/CAP	3.1
BONNET/COVER BOLT&NUT	2.2
GLAND BOLT&NUT	2.1
DISC/BALL	2.2
STEM	2.2
SEAT RING	2.2
HINGE	2.1
HINGE PIN	2.1

参考：上記の表は参考例であり、高圧ガス保安法適用弁、IBR(INDIAN BOILER REGULATION)適用弁、その他客先の仕様、例えば SHELL-GSI, EXXONMOBIL、EPC 各社等の仕様書には具体的に規定されています。



2.2 材料検査項目及び方法

2.2.1 材料検査項目

部品等の材料は、特別な要求を除き JIS (日本工業規格)、ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)、ASME (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS)等の公的材料規格 (Public Standards)に適合した材料を選択しなければならない。

材料検査の項目は、それらの適用材料規格に記載されているが、主に次に示す項目が対象となる。

- (1) 化学成分値
- (2) 熱処理条件
- (3) 機械試験値

2.2.2 材料検査方法

主な共通の試験方法は、鍛鋼材料で ASTM A961, Common Requirements for Steel Flanges, Forged Fittings, Valves, and Parts for Piping Applications、及び鋳鋼材料で ASTM A703, Steel Castings, General Requirements, for Pressure-Containing Parts に規定してある。

化学成分値、熱処理条件及び機械試験値は、鋼種別の適用規格に規定してある。

次に主な材料検査項目について解説します。

(1) 化学成分 (Chemical Analysis)

化学成分は炉中分析 (Bath Analysis)、トリベ分析 (Ladle Analysis) 及び製品分析 (Product Analysis) に分類できる。通常、材料証明書には、トリベ分析の結果が記載される。

また、製品分析は、発注者の要求により、材料識別検査 (Positive Material Identification/PMI) として規定される場合がある。発注者はメーカーに対して定性分析 (Qualitative Analysis) 又は定量分析 (Quantitative Analysis) の有無、サンプリングの方法、時期、箇所及び判定基準を明確にしなければならない。

参考：製品分析の結果は、炉中分析又はトリベ分析の結果と異なるため、分析許容差を明確に規定しなければならない。また、製品分析を行う簡易分析装置の誤差も考慮する必要がある。

(2) 熱処理条件

次に熱処理について主な点を解説します。

熱処理に関連して材料証明書には、少なくとも保持温度、保持時間、冷却方法等の条件が記載されていなければならない。前述した材料規格には、これらの条件が記載されている。

金属材料の熱処理条件は、鋼種により状態図を作成し、変態点を認識することにより決定される。

ここではこれらの物理的要因について解説を避ける。

一般的に熱処理の種類と方法は次のように分類できる。

1) 加熱方法

熱源として、工業用ガス、電気、重油/軽油及び一部の国では石炭を使用しているところもある。

2) 冷却方法

油冷、水冷、強制空冷、炉冷、0℃以下の液体、例えば液化窒素へ浸漬するサブゼロ処理等があげられる。

また、特に水冷の場合は大量の水で冷却するための循環装置を設けているか確認することが必要である。



3) 各種熱処理

熱処理の名称	冷却方法の参考例
焼ならし(Normalizing)	強制空冷
焼なまし(Annealing)	空冷又は炉冷
焼入れ(Quenching)	水冷
焼戻し(Tempering)	空冷又は炉冷
固溶化熱処理(Solution Treatment)	水冷
析出硬化処理(Precipitation Hardening Treatment)	炉冷又は空冷
安定化焼なまし(Stabilizing Annealing)	炉冷又は空冷
サブゼロ処理(Sub-zero Treating)	液化窒素等に投入
溶接後熱処理(Post-Weld Heat Treatment/PWHT)	徐冷

備考 1 : 日本高圧力技術協会「溶接後熱処理基準とその解説」で炉内 PWHT の熱処理条件を次のように記載しています。

- ・ 炉に入れる温度又は出す温度は 425℃未満とする。
- ・ 425℃以上の温度における加熱速度及び冷却速度を下記により、定めています。
- ・ 加熱の場合 :
 $R_1=220 \times 25/t$ (°C/h) ただし、最大 220°C/h. また、55°C/h 未満にする必要はない。
- ・ 冷却の場合 :

$R_2=280 \times 25/t$ (°C/h) ただし、最大 280°C/h. また、55°C/h 未満にする必要はない。
 ここで、

R_1 : 加熱速度(°C/h)、 R_2 : 冷却速度(°C/h)、 t : 材料の厚さ(mm)

なお、加熱及び冷却中は加熱部の各部を通じて 500mm の範囲において 150℃以上の温度差が無いことを推奨しています。熱処理炉の温度測定箇所について確認することも必要です。保持温度及び保持時間は、材料に応じて別に定めるところによる。



例えば ASME Code では;

表 I.10.2 ASME コードによる溶接後熱処理条件 (Sec III, Sec VIII, B 31.1, B 31.3)

P番号	代表鋼種	コード区分	保持温度 [°C]	最小保持時間 [h]	厚さに対する最小保持時間 [h]			PWHT 省略最大厚さ [mm]	保持温度低減限界 [°C]
					$t \leq 50.8\text{mm}$	$50.8 < t \leq 127\text{mm}$	$t > 127\text{mm}$		
P1 Gr 1,2,3	炭素鋼	VII-1	≥ 593	1/4	$t/25.4$	$2+(t-50.8)/101.6$	38.1	482	
		VII-2		1					
		III	593~677	1/2					538
		B 31.1	600~650	1/4	$t/25$	$2+(t-50)/100$	19	482	
		B 31.3	593~649	1	$t/25.4$		19	—	
P3 Gr 1,2	C- $\frac{1}{2}$ Mo 鋼 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo 鋼	VII-1	≥ 593	1/4	$t/25.4$	$2+(t-50.8)/101.6$	15.9 ¹⁾	482	
		VII-2		1					
		III	593~677	1/2				538	
		B 31.1	600~650	1/4	$t/25$	$2+(t-50)/100$	16	544	
		B 31.3	593~649	1	$t/25.4$		19	—	
P4 Gr 1,2	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo 鋼 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo 鋼	VII-1	≥ 593	1/4	$t/25.4$	$5+(t-127)/101.6$	15.9 ¹⁾	—	
		VII-2		1					
		III	593~677	1/2				12.7	
		B 31.1	700~750	1/4	$t/25$	$2+(t-50)/100$	13	—	
		B 31.3	704~746	2	$t/25.4$		12.7	—	
P5	2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 鋼 5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo 鋼 9Cr-1Mo 鋼	VII-1	≥ 677	1/4	$t/25.4$	$5+(t-127)/101.6$	15.9 ²⁾	—	
		VII-2		1					
		III	677~760	1/2				12.7 ²⁾	
		B 31.1	700~760	1/4	$t/25$	$2+(t-50)/100$	13 ²⁾	—	
		B 31.3	704~760	2	$t/25.4$		12.7 ²⁾	—	
P9A	2 $\frac{1}{2}$ Ni 鋼	VII-1	≥ 593	1/4	$t/25.4$	$5+(t-127)/101.6$	15.9	538	
		VII-2		1					
		III	593~677	1/2				—	
		B 31.1	600~650	1/4	$t/25$	$2+(t-50)/100$	13	550	
		B 31.3	593~635	1	$t/50.8$		19	—	
P9B	3 $\frac{1}{2}$ Ni 鋼	VII-1	593~635	1/4	$t/25.4$	$5+(t-127)/101.6$	15.9	538	
		VII-2		1					
		III	—	1/2				—	
		B 31.1	600~630	1/4	$t/25$	$2+(t-50)/100$	16	550	
		B 31.3	593~635	1	$t/50.8$		19	—	
P11A	9Ni 鋼 5Ni 鋼	VII-1	538~566	2	$t/25.4$		50.8	—	
		VII-2	—	—	—		—	—	
		III	—	—	—		—	—	
		B 31.1	—	—	—		—	—	
		B 31.3	522~585	1	$t/25.4$		51	—	

(注) 1) SA 202A, B のみに適用
 2) Cr \leq 3% のみに適用



備考2 : 熱処理炉の校正

熱処理が正しく施工されるには炉の校正を定期的に行なう必要があります。
校正の方法としては、熱処理炉の有効加熱帯の試験を規定に従って実施することが有効です。
試験方法として認知されている規格は、下記によります。

これらの試験を行う前提として、温度記録計及び熱電対等の校正記録が必要となります。

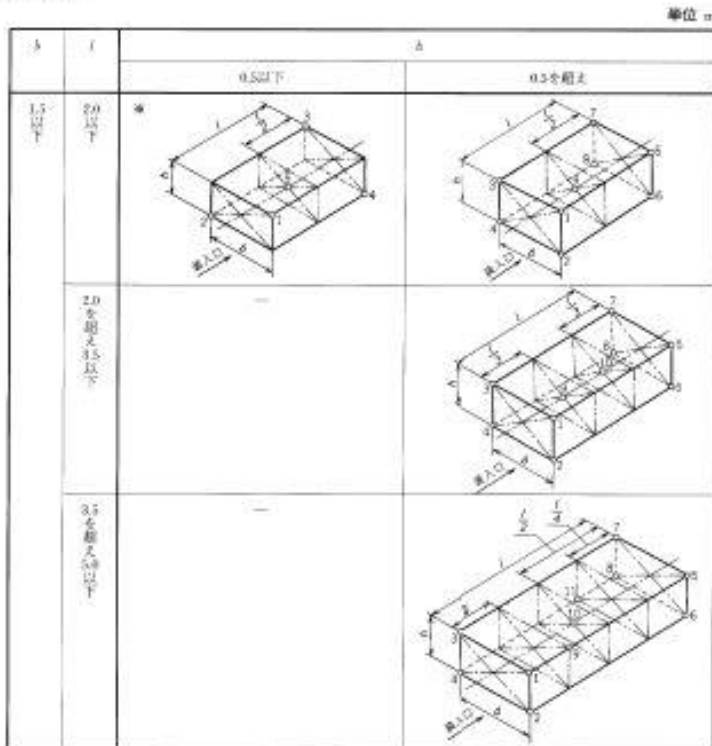
- ・ JIS B6901 「金属熱処理設備—有効加熱帯及び有効処理帯試験方法」,
- ・ API-6A “Wellhead and Christmas Tree Equipment/APPENDIX H: RECOMMENDED PRACTICE FOR HEAT TREATING EQUIPMENT QUALIFICATION”,
- ・ ASTM A991 “Conducting Temperature Uniformity Surveys of Furnaces Used to Heat Treat Steel Products.

これらの規格で比較的詳細を規定しているのが JIS B6901 です。

JIS B6901 で規定されている主な点について下記に記載します。

- ・ 保持温度測定位置;

JIS B6901 : 1998



備考1. 図3以外の寸法のものについては、図3に準じて高さ、長さ及び幅の各方向に約1/3の位置に測点をとる。

2. 電気加熱設備及び流動層加熱設備は、 h 、 l 及び b の寸法に関係なく、 \ast 印の保持温度測定位置とする。

図3 バッチ式箱形加熱設備の保持温度測定位置



- ・ 保持温度許容差 ;

附属書2表1 保持温度許容差

保持温度許容差のクラス	保持温度許容差 °C
1	± 3
2	± 5
3	± 7.5
4	± 10
5	± 15
6	± 20
7	± 25

備考 クラス1は、実験用加熱設備などに適用する。

* API-6A, APPENDIX H では、約±15°C、但し、Aging, Stress Relieving では、約±5°Cと規定。

- ・ 有効期間 ;

個々の規定及び顧客要求に従い設定してください。

- ・ 上記以外に材料の実体温度測定を行い熱処理炉の温度特性を確認することがあります。



(3) 主な機械試験方法

1) 主な機械試験の分類

・ 引張試験(Tensile Test):

- 引張強さ(Tensile Strength)
- 耐力(Yield Strength)
- 絞り(Reduction of Area)
- 伸び(Elongation)

・ 硬さ試験(Hardness Test)

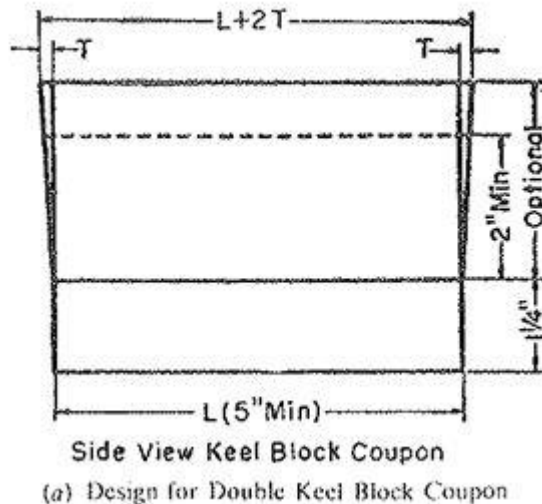
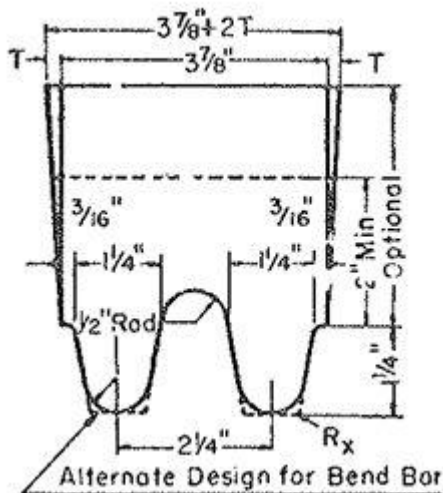
- ブリネル硬さ(Brinell Hardness)
- ロックウエル硬さ(Rockwell Hardness)
- ビッカース硬さ(Vickers Hardness)
- ショアー硬さ(Shore Hardness)

・ 衝撃試験(Impact Test)

- シャルピー衝撃試験(Charpy Impact Test)
- アイゾット衝撃試験(Izod Impact strength Test)

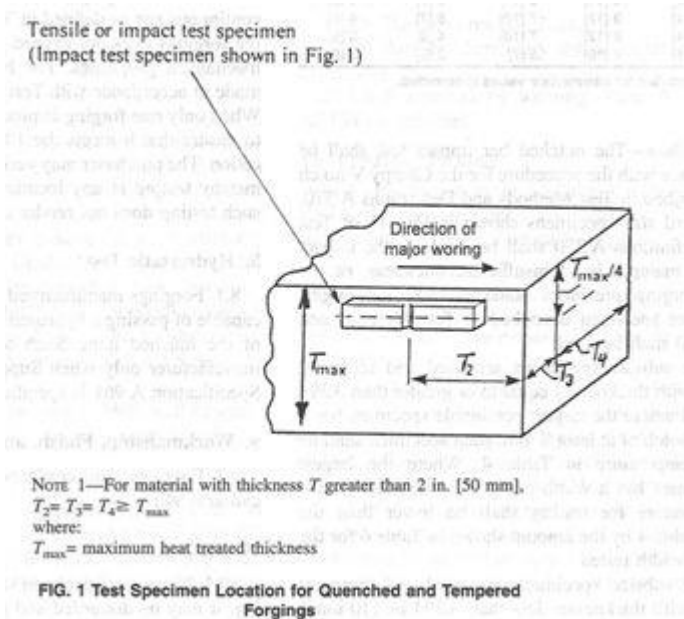
2) 試験片のサンプリング

機械試験は、製品又は製品と同一条件で作られた供試材(Test Coupon)から試験片(Test Specimen)を加工して試験を実施します。供試材は、製品と同一溶解、同一熱処理条件ごとに採取します。鍛造材は上記条件に加え同一鍛錬成形比とし、鑄造材は下図のような Keel Block Coupon を鑄造します。





また、鍛造材の衝撃試験は、試験片の採取方向（鍛造フロー）により値が大きく変化するために、ASTM A350 では下図のように規定しています。



3) 各機械試験の特徴

詳細については各適用材料規格に試験片、試験方法及び規定値が呼び出されていますので、参照してください。実際に試験を立会う場合は下記事項を注意してください。

3-1) 引張試験

- ・ 試験機が船級協会等の検定を受け、有効期間が明確なこと。
- ・ 試験片が規定寸法を満足していること。特に外径及び標点間距離。
- ・ 試験方法が規定に従っていること。特に引張速度に注意する。
- ・ 荷重・伸び線図を求め、耐力を算出すること。
- ・ 最終伸びは破断した試験片を測定して算出すること。

3-2) 硬さ試験

主な硬さ試験の種類及び試験方法について解説します。

- ・ ブリネル硬さ試験(Brinell Hardness Test)

材料規格に記載されている表示記号が”HB”と表示されている数値は、10mmφの鋼球に3000kg-fの荷重を加えて得られたくぼみを計測して、算出した値である。鋼球を用いているので、材料が450HBを超える場合には適用できない。鋼球の径及び荷重が異なる場合は、数値が違うので注意しなければならない。

また、450HBを超える材料にブリネル硬さ試験を適用する場合は、鋼球に替わり圧子に超鋼合金球を用い測定し、表示記号を”HBW”としている。詳細は、JIS Z2243、「ブリネル硬さ試験—試験方法」に記載されている。

注意：圧痕の径を測定するため試験面は平滑に仕上げる必要がある。圧痕が残るため影響を受けるとようなシート面及び摺動面に直接適用しないほうがよい。また、試験機に乗せるため試験材の形状が限定される。



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論（改訂版）
<http://wingshome.co.jp/introduction.html>
e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0b

Sheet 21 / 137

・ロックウェル硬さ試験(Rockwell Hardness Test)

材料規格に記載されている表示記号が”HRC”と表示されている数値は、Cスケールと呼ばれ、ダイヤモンド円錐圧子に初試験力 10kg-f から 150kg-f の全試験力の 2 段階の荷重を加えた後、初試験力に戻したときのくぼみの永久変形量を測定している。その他、Bスケール（鋼球又は超鋼合金球圧子、初試験力 10kgf から 100kgf の全試験力の 2 段階の荷重）を用いる場合も多い。硬さの適用範囲は、10～70 HRC 又は 20～100 HRB と JIS Z2245「ロックウェル硬さ試験—試験方法」に規定している。

注意：ブリネルほど圧痕は残らないが、圧痕により影響を受ける部分には直接測定を避けるべきである。また、試験機に乗せるため試験材の形状が限定される。

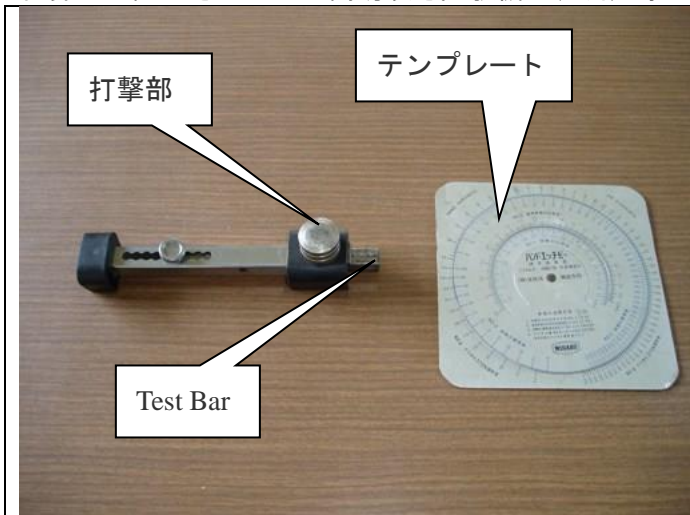


・簡易硬さ試験機 (Portable Hardness Tester)

ブリネル硬さ試験機及びロックウェル硬さ試験機は固定式で製品や部品の硬さ測定が難しい場合があります。現場で製品又は部品の硬さ試験に用いられる代表的な2機種を紹介します。

a) テレブリネラー (Tele-Brinellar)

世界的に認知されている簡易硬さ試験機で、測定原理はブリネル硬さで”HB”で表示します。



参考: 写真はテレブリネラー本体と数値換算用のテンプレートです。本体を試験面に置き、打撃部をハンマーで打ちます。

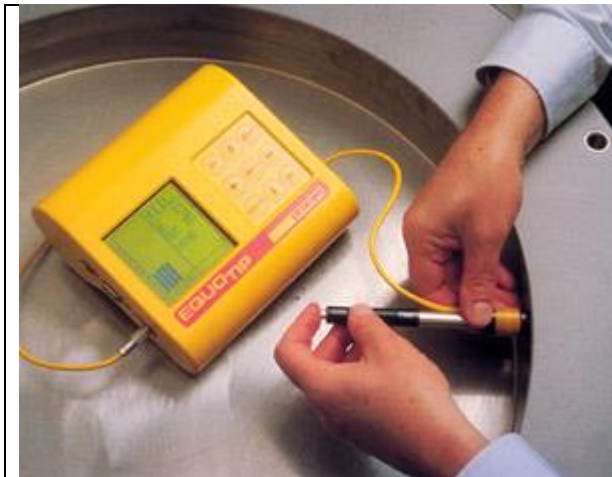
その後、Test Bar を引抜き、試験材と Test Bar に残された圧痕の径を測定し、テンプレートによりブリネル硬さを求めます。

ブリネル硬さ試験同様に圧痕がのこりますので、製品の機能に影響を与えない部分で試験を行うことが必要です。

注意: Test Bar は、試験材に近い硬さを選択すること。

b) エコーチップ (EQUO TIP)

商品名でスイスのメーカーが製作しています。この簡易硬さ試験機も世界的に認知されています。原理はショア硬さ試験で球体を一定の力で試験面に当て、跳ね返りの距離により硬さを決定します。



参考: 写真は硬さ表示部と手に持っている測定部に分かれています。測定は簡単で一度測定部をスライドし、人差し指の部分を押すと球体が発射し、計測部に値が表示されます。

表示は、設定により”HB”, ”HRC”と選択できますが、基本的にはメーカーの定めた”L”値と呼ばれる単位が基本となります。

他の試験機に比べ圧痕が極めて小さいので製品又は部品の硬さ測定に優れています。

注意: 試験前に標準硬さ試験片と比較調整をしてください。

(写真は富士物産のホームページより)

c) その他の硬さ試験

ビッカース硬さ試験 (Vickers Hardness Test:HV)、ショア硬さ試験 (Shore Hardness Test:HS)等があり試験目的に応じて選択してください。



3-3) 衝撃試験

- ・試験機が船級協会等の検定を受け、有効期間が明確なこと。
- ・材料規格又は発注者側の要求により、ノッチの形状が2mm-V, 2mm-U又は5mm-Uであることを確認します。ノッチの形状は、投影機を用い計測します。

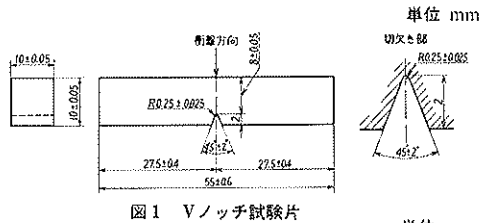


図1 Vノッチ試験片

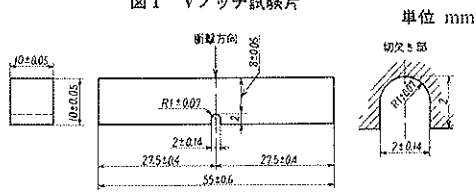


図2 a) Uノッチ試験片

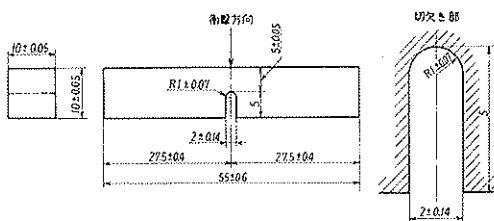
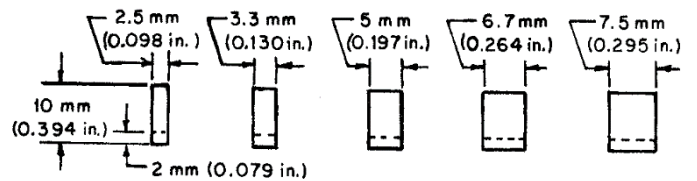


図2 b) Uノッチ試験片

衝撃試験片のサイズは、フルサイズ（長さ 55mm × 高さ 10mm × 幅 10mm）及びサブサイズ（長さ 55mm × 高さ 10mm × 幅が異なる）の 2 種類あり、更にサブサイズは、ASTM A370, “Mechanical Testing of Steel Products”では下記図に示す 5 種類あり、JIS Z2202「金属材料衝撃試験片」では下記図の幅が 7.5mm, 5mm, 2.5mm の 3 種類となる。



サブサイズは、製品又は供試材が小さくフルサイズが採取できない場合に用いる。但し、フルサイズに比べ吸収エネルギー(J)が低下するので、ノッチ部の断面積で割る衝撃試験値(J/cm²)を用いるか、下記補正值によります。

TABLE 9 Charpy V-Notch Test Acceptance Criteria for Various Sub-Size Specimens

Full Size, 10 by 10 mm		¾ Size, 10 by 7.5 mm		¾ Size, 10 by 6.7 mm		½ Size, 10 by 5 mm		¼ Size, 10 by 3.3 mm		¼ Size, 10 by 2.5 mm	
ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]



・延性破面率(Percent Shear Fracture)又はぜい性破面率(Percent Cleavage Fracture)は、試験後の試験片の断面を観察して算出する。延性破面率(Percent Shear Fracture)は50%以上、ぜい性破面率(Percent Cleavage Fracture)は50%以下の数値を判定基準にしている。延性とぜい性では数値が逆なので注意してください。

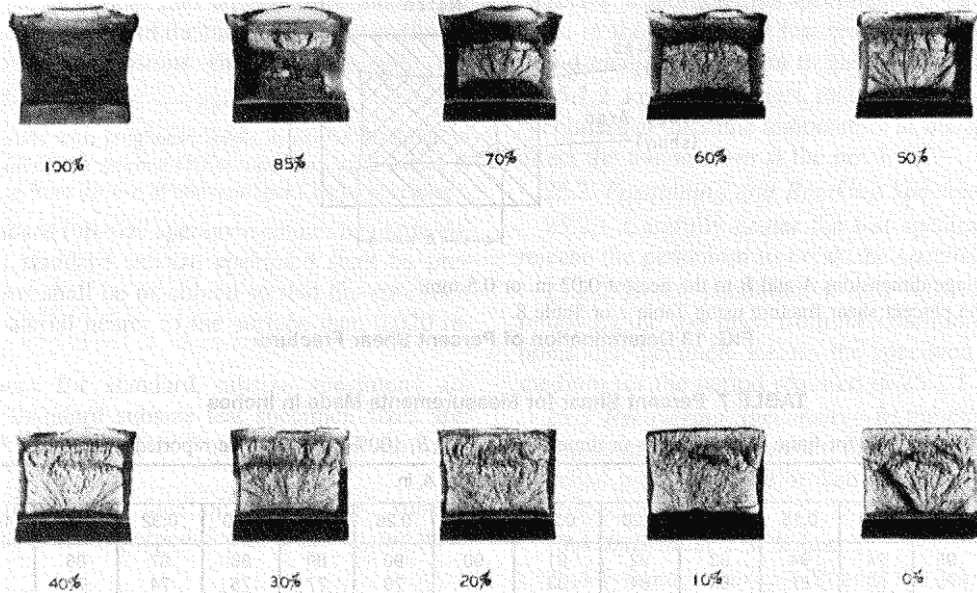


FIG. 14 Fracture Appearance Charts and Percent Shear Fracture Comparator

この写真は、ASTM A370 から抜粋した延性破面率を示している。

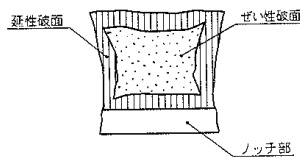


図1 試験片の破面

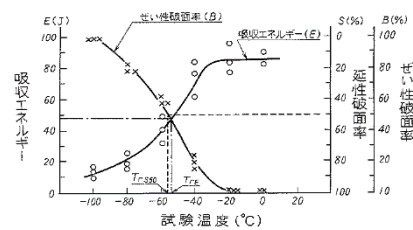


図3 破面遷移温度 Tr_{500} 及びエネルギー遷移温度 Tr_t の例



・横膨出(Lateral Expansion)は、試験後にノッチ部の最大に張り出している幅を求め、基準とした幅との差を横膨出とする。横膨出と吸収エネルギーは比例関係にあり、同一ロットのデータを比較して比例関係にない場合は横膨出の再測定を推奨する。

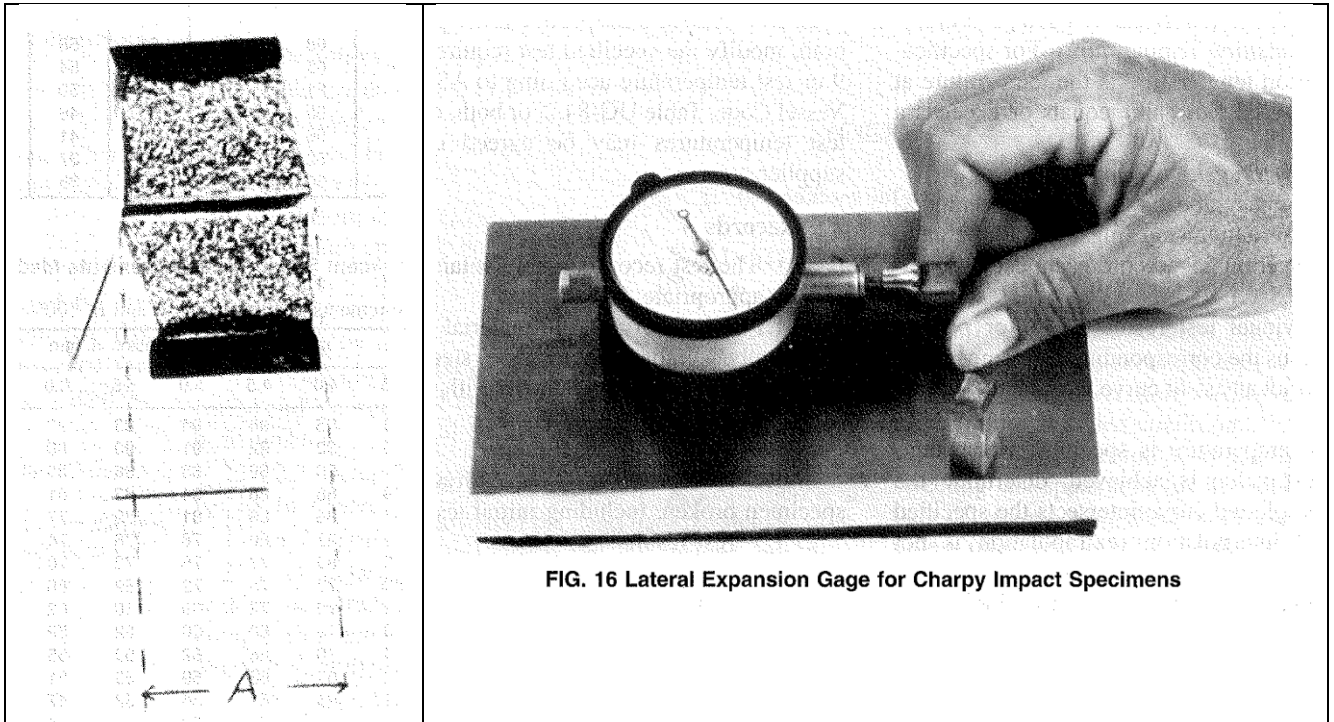


FIG. 16 Lateral Expansion Gage for Charpy Impact Specimens

ASTM A370 では、“A”の部分をも右の写真に示した“Lateral Expansion Gage”を用いて測定することになっているが、Gageがない場合はマイクロメーターを用いて小数点代2位(0.01mm単位)まで求める。

・低温で試験を行う場合は、試験片を指定の試験温度に対して±1℃に保たれた液槽又は気槽に置き、液体中では少なくとも5分間又は気槽中では少なくとも30分間保持する。

保持後、5秒以内に衝撃を与える。

試験片の冷却又は加熱には次のものを用いるとよい。

試験温度

500～200℃	気体(加熱炉使用)
200℃～常温	高温油(オイルバス使用)
0℃	氷と水
0～-70℃	アルコール又はアセトンとドライアイス粒
-70～-155℃	液体窒素で冷却したイソペンタン
-196℃	液体窒素

注意: ドライアイス、液化窒素、揮発性の冷媒を用いる場合は、試験室内の換気を十分行うこと。

・やや専門的になるが、試験前に衝撃試験機のハンマーの持ち上げ角度及び空振りを行った時のエネルギー損失を確認すると正確な吸収エネルギーを求めることが出来る。

吸収エネルギーは、ハンマーの位置エネルギーを計算すれば簡単に求まる。試験結果と比較する等、試験器が校正されていない場合には、必要です。

計算に必要なハンマーの重量及び長さ、通常ハンマーに刻印してある。

計算式はJIS Z2242を参照してください。

注意: ハンマーを振り落とす時は周囲の状況を十分観察し、けがをしないように注意すること。



(4) 再試験

鋳鋼材料で機械試験不合格の場合は、下記規格に従い顧客又は検査員の許可を得て再試験を行うことができます。

・ 参考規格

ISO 4990 "Steel castings - General technical delivery requirements"

6.2.2.4 Re-tests

Test results not in compliance with the specification are not valid when due to:

- a) defective assembly of the test piece or abnormal functioning of the test machine;
- b) defective manufacture of the test pieces;
- c) a break in the tensile test piece outside the reference marks;
- d) anomalies shown in the test piece.

In all cases, a new test piece shall be taken from the same test block or from another test block belonging to the same test lot and the results obtained can be substituted for those corresponding to the defective piece.

Except as provided, when the results of the test do not comply with the requirements of the material standard, the manufacturer shall, unless otherwise agreed upon at the time of enquiry and order, adopt one of the procedures specified below.

- a) Repeat the test that failed, on two additional test pieces. If any of the two new test pieces do not give the specification requirements, the manufacturer may follow the procedure specified in c).
- b) In the case of impact tests, if the average value obtained from the three tests does not reach the minimum specified value, or if one of the individual values does not reach the specified minimum (i.e. 70 % of the minimum specified value), the manufacturer may test three additional test pieces. The additional test pieces shall be selected from the same test block or from another block from the same heat and heat treated test lot to represent the castings in question. The results from these additional tests shall be added to the results previously obtained, and the average recalculated. If this new average satisfies the average value specified, the material represented may be considered to satisfy the requirements of the material standard. Where the new average value does not satisfy the specified requirements, or any one of the new values is less than 70 % of the minimum specified value, the manufacturer may then follow the procedure specified in c).
- c) Submit the castings and test blocks to a new heat treatment within the limits of the material standard, and then carry out all the tests required in the material standard on the test blocks. In any case, the castings and test bars shall not be submitted to more than two additional heat treatments (excluding tempering), without the approval of the purchaser.



JIS G0307 「鋳鋼品の製造、試験及び検査通則」

d) 再試験 機械試験の再試験は、表2による。

表2 再試験

方法	内容
再試験	<p>引張試験において規定値に適合しなかった試験について、その試験片を採った供試材から所定の試験片の2倍数の試験片(2個の予備試験片)を採って再試験を行う。 全数がすべての規定値に適合の場合は、合格とする。 いずれかが不合格の場合は、再熱処理再試験の規定に従ってよい。</p> <p>1) 衝撃試験で3個の平均値の規定がある場合 3個の平均値が、規定値に適合しないが、その平均値が規定値の85%以上の場合には、更に3個の試験片を採って再試験を行い、6個の平均値が規定値に適合する場合は、合格とする。</p> <p>2) 衝撃試験で3個の平均値と個別の規定値がある場合 3個の試験値が各々個別の規定値に適合しているが、その平均値が規定値未満で、かつ、規定値の85%以上の場合、又は3個の平均値が規定値に適合しているが、3個中の1個の試験値が個別の規定値未満の場合には更に3個の試験片を採って、再試験を行い、その3個の試験値が各々、個別の規定値以上であって、かつ、6個の平均値が規定値に適合する場合は合格とする。 いずれかが不合格の場合は、再熱処理再試験の規定に従ってよい。</p>
再熱処理再試験	<p>機械試験が規定値に適合しない場合は、供試材を再熱処理して再試験することができる。 この場合、再試験の試験片の数は、最初と同一として機械試験の全部(注文者に要求されているときは粒界腐食試験も含む。)をやり直す。 熱処理のやり直しは2回までを限度とし、鋳鋼品本体も再熱処理を行う。</p>



2.3 鋼種別材料仕様

化学成分を ASTM 等の材料規格以外に規定する場合があります。それらの顧客仕様の参考例として **Shell-GSI MESC SPE 77/302-2010 の内容の一部を紹介**します。材料の使用環境により Shell-MESC 以外にも様々な顧客仕様がありますので、メーカーはこれらの仕様を受領した場合は、内容を十分に把握し、製作仕様に反映させる必要があります。また、内容に不明な点がある場合は、発注者に問い合わせることも重要なポイントです。

備考) この項で紹介する材料仕様は、Shell-GSI MESC SPE 77/302-2010 でバルブの Body/Bonnet/Cover/Stem 材について適用している。

2.3.1 Carbon Steel (MESC SPE77/302)

鋼種	材料規格	Shell-GSI 要求
ASTM A105 (鍛造材)	C: 0.35% max. CE ^{*-1} : 0.47 or 0.48 max.	C: 0.23% max. CE ^{*-1} : 0.43 max.
ASTM A350 Gr. LF2 (鍛造材)	C: 0.30% max. CE ^{*-1} : 0.47 or 0.48 max.	C: 0.23% max. CE ^{*-1} : 0.43 max.
ASTM A216 Gr. WCB (鑄造材)	C: 0.30% max. CE ^{*-1} : 0.50 max.	C: 0.25% max. CE ^{*-1} : 0.43
ASTM A216 Gr. WCC (鑄造材)	C: 0.25% max. CE ^{*-1} : 0.55 max.	C: 0.25% max. CE ^{*-1} : 0.43
ASTM A352 Gr. LCC (鑄造材)	C: 0.25% max. CE ^{*-1} : 0.55	C: 0.25% max. CE ^{*-1} : 0.43

参考: *-1 CE (Carbon Equivalent / 炭素当量) と呼ばれ、溶接性を示す一つの指標で次の式で計算される。

$$CE(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

また、JIS G0203「鉄鋼用語 (製品及び品質)」では次の式を用いている。

$$\text{炭素当量}\% = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$$

CE=C+(Mn/6)で計算される場合もあり、要求される CE の式及び元素を確認する必要がある。

2.3.2 1.25Cr-0.5Mo Steel (MESC SPE77/302)

1.25Cr-0.5Mo 鍛造用鋼 (ASTM A182 Gr.F11) の化学成分を次のように規定しています。

Elements	C	P	S	Cu	Ni	X-bar
Max allowed	0.15%	0.007 wt%	0.007 wt%	0.20%	0.30%	14 ppm

X-bar については、下記計算式で算出します。

$$X\text{-bar} = (10P+5Sb+4Sn+As)/100, \text{ with } P, Sb, Sn \text{ and } As \text{ values in ppm.}$$

各元素の単位を“ppm”に換算して計算するので注意してください。

但し、MESC では、これらの条件がコスト・納期と関連して受け入れられない場合は、ASTM A182 Gr. F22 (2.25Cr-1Mo)を用いてもよいと規定しています。他に規定がなければ 1.25Cr-0.5Mo 鑄造用鋼 (ASTM A217 Gr. WC6)の化学成分を次のように制限しています。

-The phosphorous content shall not exceed 0.010%.



参考 :

MESC も発行年度により仕様が異なりますので、参考に最近の変更を記載します。

2008年版から、MPC factor が X-bar factor (R.Bruscato 係数)に置き換わった。

旧仕様 (Shell-GSI MESC SPE 77/302-2007) では、次のように規定していた。

ASTM A182 Gr. F11 (鍛造材)は、次の2つの条件のどちらか1つを満足するように規定していた。

1) C: 0.14% max. (材料規格では F11 Class1:0.05-0.15%、Class2&3 0.10-0.20%)、P&S: 0.010% max. (材料規格 F11 Class1:0.030% max、Class2&3:0.040% max.)

2) The maximum MP factor 5 shall be 2.0 and the maximum MPC factor 7 shall be 0.5.

ASTM A217 Gr. WC6 (鑄造材)は、P: 0.010% max. (材料規格 P: 0.04% max.)

*MPC factor (溶接後の再加熱及び溶接後熱処理 PWHT に係る割れ感受性の指標)は、API 938, An Experimental Study of Causes and Repair of Cracking of 1-1/4Cr-1/2Mo Steel Equipment に規定されている方法で計算される。

$$\text{MPC Factor-5} = [\text{Cfn}(\text{Tramp} + \text{Sfn})\text{Alfn}] - 1$$

$$\text{Cfn} = (5\text{C} + 1000\text{Nb} + 100\text{V} + 50\text{Ti} - 0.5) + 1$$

$$\text{Tramp} = 2[4.3(\text{Sn} + \text{As}) + 150\text{Sb} + \text{Cu} + 50(\text{P} - 0.01)]$$

$$\text{Sfn} = 1 + 30(\text{S} - 0.02\text{Tramp}); \text{ For } \text{Sfn} < 1, \text{ Sfn} = 1$$

$$\text{Alfn} = 1 + 15(\text{Al} - 0.015); \text{ For } \text{Alfn} < 1, \text{ Alfn} = 1$$

MPC

$$\text{Factor-7} = 2(\text{C} - 0.12) - 0.25(\text{Mn} - 0.6) + 150\text{Nb} + 15\text{V} + 15\text{Ti} - 100\text{B} + 40(\text{P} - 0.010) + 5(\text{S} - 0.015) + 10(\text{Al} - 0.010) + 20(\text{Cu} / 100 + \text{Sn} / 3 + \text{As} / 3 + 3\text{Sb})$$

2.3.3 2.25Cr-1.0Mo Steel (MESC SPE77/302)

他に規定がなければ 2.25Cr-1Mo 鍛造用鋼 (ASTM A182 Gr. F22)の化学成分を次の2つの内の1つを満足するように制限しています。

1) The carbon content shall not exceed 0.14% and both the phosphorous and sulphur content shall not exceed 0.010%.

2) The J-factor shall be calculated in accordance with API 934 and shall not exceed 120.

参考: J-factor は、材料の焼戻脆化感受性を評価する方法の一つで次の式で計算される。

$$\text{J-factor}(\%) = (\text{Si} + \text{Mn}) \times (\text{P} + \text{Sn}) \times 10^4$$

また、焼戻脆化感受性を評価する方法には、X-bar factor (R.Bruscato 係数)があり、次の式で計算される。

$$\text{X-bar factor (R.Bruscato 係数)} = (10\text{P} + 5\text{Sb} + 4\text{Sn} + \text{As}) / 100 \text{ (元素の単位を ppm とする場合)}$$

注意: 一般的に材料規格には Sn, Sb, As は規定されていないので、MPC-Factor, J-factor 又は X-bar factor が適用される場合、Sn, Sb, As の分析を製作仕様に追加しなければならない。



2.3.4 Austenitic stainless steel (MESC SPE77/302)

The carbon content of austenitic stainless steel forgings to ASTM A182 Grade F316 and castings to ASTM A351 Grade CF8M shall not exceed 0.03% by mass, except a carbon content up to 0.08% by mass is permissible under the following conditions:

- 1) For flanged valve bodies, without welded bonnet or other fabrication welds, where the valve design temperature 427deg-C and under, cast to ASTM A351: if additional requirement S11 is applied (post weld solution heat treatment after casting repairs), or
- 2) If the material is stabilized with niobium through substitution with ASTM A351 Grade CF10MC, or
- 3) If material is stabilized with titanium through substitution with ASTM A182 Grade F316Ti, or
- 4) For components that contain no welds: if the valve design temperature is 427 deg-C and under.

参考 : 安定化とは、チタン、ニオブ、ジルコニウム又はそれらの組合せを少量添加し、クロム炭化物の析出による耐食性の劣化を改善したオーステナイト系ステンレス鋼。
1065℃以上の温度で固溶化熱処理を行い、その後、815～870℃に加熱保持し、炭化物を析出させる処理。詳細の熱処理条件は、仕様で定めることを推奨します。

ASTM A351 Gr. CF10MC の規格化学成分(%) :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb
max.0.10	max.1.50	max.1.50	max.0.040	max.0.040	15.0-18.0	13.0-16.0	1.75-2.25	C x 10 - 1.20

2.3.5 Duplex stainless steel (MESC SPE77/302)

鍛造用 Duplex stainless steel は、化学成分を次のように制限している。

For “22Cr” duplex (austenitic-ferritic) stainless steels, the Pitting Resistance Equivalent (PREN) shall be 30 or higher and the Mo mass fraction (wMo) 1.5% or higher.

For “25Cr” super duplex (austenitic-ferritic) stainless steels, the Pitting Resistance Equivalent (PREN) shall higher than 40.

The PREN shall be calculated as given in Equation:

$$PREN = wCr + 3.3(wMo + 0.5 wW) + 16 wN$$

where

- wCr is mass fraction of chromium in the alloy, expressed as a percentage mass fraction of the total composition;
- wMo is mass fraction of molybdenum in the alloy, expressed as a percentage mass fraction of the total composition;
- wW is mass fraction of tungsten in the alloy, expressed as a percentage mass fraction of the total composition;
- wN is mass fraction of nitrogen in the alloy, expressed as a percentage mass fraction of the total composition;

Per lot, one product analysis shall be made. One lot is defined as a group of valves manufactured for one heat of material and heat treatment batch.



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論 (改訂版)

<http://wingshome.co.jp/introduction.html>

e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0b

Sheet 31 / 137

鋳造用 Duplex stainless steel は、化学成分を次のように制限している。

-the U-factor shall be at least 25.

The U-factor shall be calculated with the following formula:

$U = -43.64 + (4.76 \text{ Si}) + (2.65 \text{ Cr}) + (3.44 \text{ Mo})$, with the value in %.

参考 : Duplex Stainless Steel (二相ステンレス鋼) は、フェライト+オーステナイトの組織をもった海水環境等で耐塩化物応力腐食性に強く、耐食性にも優れているので海水を冷却水とする熱交換器伝熱管、腐食性油井或いはガス井向け油井管及びラインパイプの海洋構造物などをはじめとする耐食構造用材料として多く用いられています。但し、腐食環境下で使用される二相ステンレス鋼は、耐孔食性 (Pitting Resistance) に優れていることが重要です。

2.3.6 Other materials (MESC SPE77/302)

ASTM A487/A743 Gr. CA6NM (マルテンサイト系ステンレス鋳鋼) C: 0.03% max. (材料規格 C:0.06% max.)

ASTM A351/A743/A744 Gr. CN7M (20Cr-29Ni-Cu 鋳鋼) C: 0.03% max. S: 0.02% max. (材料規格 C:0.07% max. P: 0.04% max.)



2.4 その他の材料仕様

2.4.1 低温用の Boltings (低温の範囲は、適用規格によります。)

Bolt 材規格は、ASTM A320, Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for Low-Temperature Service の材料を使用するが、Nuts 材は、ASTM A194, Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both の材料を使用する。

例えば、ASTM A320 Gr. L7(Cr-Mo Steel) + ASTM A194 Gr. 4(C-Mo Steel)の組合せの場合、Gr. 4 には衝撃試験の規定値がない。Gr.4 を低温で使用する場合は、Gr. L7 に準じて衝撃試験を行わなければならない。低温用の他の組合せの Nuts 材も同様に衝撃試験を実施している。

但し、下記条件を満足すれば Bolt 材は衝撃試験を実施しなくてもよいと定められています。

・ ASTM A320 Bolt 材 :

- 1) Strain hardened*⁻¹ Gr. B8, B8F, B8P, B8M, B8T, B8LN, and B8MLN...-200°Cを超える温度、
- 2) Carbide solution treated Gr. B8, B8P, B8C, and B8LN...-255°Cを超える温度、
- 3) 全ての Ferritic and Austenitic Grade...Bolt の径が 12.5mm (1/2 in.)以下。

備考) *⁻¹: Strain Hard (加工硬化) : オーステナイト系ステンレス鋼は冷間加工すると加工誘起マルテンサイトが生成し、表面硬さが他の部分より高くなり、強度も上がる。これらの性質を利用して製造された Bolt が Strain hardened Bolt です。

形状によっては Strain Hard が難しい場合がありますので注意してください。

これらの Bolts は、他と区別するために表示記号の下に線を打刻しなければならない。

2.4.2 その他の材料関連仕様

- 1) ASTM A703, "Steel Castings, General Requirements, for Pressure Containing Parts"で "Melting Process" (溶解方法) を次のように規定している。

The steel shall be made by open-hearth or electric-furnace process, with or without separate refining such as argon-oxygen-decarburization (AOD), unless otherwise designated by the individual specification.

多くの鑄造工場は小規模で電気炉のみの溶解を実施し、脱酸剤(Al, Si-Ca, Ti 等)を添加することにより精錬を行っている。

最近では高温でのクリープ強度改善及び耐食材料の開発が進んでいる。これらの材料は不純物や金属間化合物の影響を受けるため、より高度な精錬を必要としている。そのためには AOD/VOD のような高度な精錬設備を用いることがある。

その他、ASTM A703, 16 項 Certification に証明書への記載項目がある。その中の 16.2.2 項に Pattern Number の記載を規定している。バルブメーカー、鑄造メーカーが発行する証明書には通常記載されていない項目です。これらの項目が購買仕様書に適用されている場合は注意する必要があります。

- 2) NACE (The National Association of Corrosion Engineers in U.S.A.) MR0175 と MR0103 について ; 購入仕様書等に "NACE" 適用と記載されている場合、以前は、MR0175 (Metals for Sulfid Stress Cracking and Stress Corrosion Resistance in Sour Oilfield Environments)が適用されていたが、2003年にMR0103 (Materials Resistant to Sulfide Stress Cracking in Corrosive Petroleum Refining Environments)が制定され適用区分が2つになった。MR0175 は、SSC (Sulfid Stress Cracking)が主に油井等で大きな問題となり、酸性領域での割れ発生原因が研究され、Free Water 中の溶存硫化水素により腐食が促進され、pH が低いほど水素透過量が増加した等の結果から材料の耐 SCC 感受性 (強度との関連で硬さ試験を重視している。) を規定した。一方、石油精製プロセスでは湿性硫化水素雰囲気アンモニア、シアン化物が存在し、酸性からアルカリ性までの幅広い領域が特徴であり、それらの雰囲気での耐 SCC 感受性材料として MR0103 が規定された。これらの規格には、適用材料規格、化学成分、最大硬さ、熱処理条件等が定められています。これらの規格は頻繁に改定されていますので、最新版を確認されることを推奨します。特に MR0103 は、溶接に関する規制が多く記載されていますので注意してください。



3) 腐食試験 (Corrosion Test)

ASTM (American Society for Testing and Materials)及び NACE (The National Association of Corrosion Engineers) に規定されている主な腐食試験を下記にまとめました。

適用規格	タイトル	概要
ASTM A262	Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steel	Practice A(Oxalic Acid Etch): JIS G0571「ステンレス鋼のしゅう酸エッチング試験方法」に相等する。ミクロ組織観察
		Practice B(Streicher Test): JIS G0572「ステンレス鋼の硫酸・硫酸第二鉄腐食試験方法」に相等する。(シグマ相へのアタック) 試験時間: 120時間 腐食減量を測定する。単位は、mils/year, mm/year 他
		Practice C(Huey Test): JIS G0573「ステンレス鋼の65%硝酸腐食試験方法」に相等する。腐食減量を測定する。(シグマ相へのアタック) 試験時間: 48時間×5回(最大) 単位は、mils/year, mm/year 他
		Practice E(Strauss Test): JIS G0575「ステンレス鋼の硫酸・硫酸銅腐食試験方法」に相等する。 試験時間: 15時間(最小) 曲げ試験により、欠陥の有無を観察する。
		Practice F(Copper Sulfate-50%Sulfuric Acid): ステンレス鋼の50%硫酸・硫酸銅腐食試験方法。 試験時間: 120時間 腐食減量を測定する。単位は、mm/month.
NACE TM0177	Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H2S Environments (SSCC)	Addresses testing of metals subjected to tensile stresses for resistance to cracking failure in low-pH aqueous environments containing H2S. The test method facilitates testing conformity so that data from different sources may be compared on an equal basis. Covers sulfide stress cracking (room temperature, atmospheric pressure) and stress corrosion cracking (elevated temperatures and pressures). Discusses environment cracking variability, test reagents and solutions, material properties, test vessels and fixtures, and testing at elevated temperature/pressure. The four test methods described are Method A—Tensile Test; Method B—Bent-Beam Test; Method C—C-Ring Test; and Method D—Double-Cantilever-Beam (DCB) Test. General guidelines to determine the appropriateness of each test method also are given. Key words: austenitic stainless steels, hydrogen sulfide, metals, sulfide stress (上記概要は、NACE ホームページより)
NACE TM0284	Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking (HIC)	Provides a standard set of test conditions for consistent evaluation of pipeline and pressure vessel steels and comparing test results from different laboratories pertaining to the results of the absorption of hydrogen generated by corrosion of steel in wet H2S. Describes two test solutions, Solution A and Solution B, and includes special procedures for testing small-diameter, thin-wall, electric-resistance welded and seamless line pipe. Test is intended to evaluate resistance to hydrogen-induced (stepwise) cracking only, and not other adverse effects of sour environments such as sulfide stress cracking, pitting, or weight loss from corrosion. Complements NACE Standard MR0175. Key words: steel pipelines, sulfide stress cracking. (上記概要は、NACE ホームページより)

注意: 発注者は、これらの腐食試験を適用する場合、対象部品、抜取り方法及び判定基準を明確にしなければならない。また、メーカーは、これらの適用腐食試験に対する判定基準を満足できるか十分に検討しなければならない。特に鑄鋼材料では判定基準が厳しい場合があり、化学成分、熱処理条件等を考慮する必要がある。



参考データ：下記表は実際に ASTM A262 に従い実施した腐食試験データの一部です。
前述しましたが、化学成分、熱処理条件等によりデータは異なりますので、参考のみと考えてください。基準値*-1 によっては、不合格となります。
試験素材は、AOD/VOD による炉外精錬を実施していない材料です。
炉外精錬を実施すると結果は改善されると考えます。

Methods	Mediums	Test Conditions	Material Standards	Results
Practice-B	Ferric Sulfate(50%) +Sulfuric Acid	Boiling 120 hrs.	CF3M	0.37 mm/year
Practice-B	Ferric Sulfate(50%) +Sulfuric Acid	Boiling 120 hrs.	CF8M	0.48 mm/year
Practice-C	Nitric Acid(65%)	Boiling 96hrs	CF8M	For reference: 0.23 mm/year
Practice-C	Nitric Acid(65%)	Boiling 48hrs x 5	CF8M	Average: 0.92 mm/year For reference: 3 times average 0.72 mm/year

参考)

*-1: 例えば、MESC SPE 77/302-2005 では、Practice-C で Max. 0.3mm/year と規定していたが、SPE 77/302-2010 では削除され、Practice-E が適用になった。
但し、Practice-E の曲げ試験も鍛造材については、厳しい試験です

4) 曲げ試験(BEND TEST)については、溶接施工法確認試験 (Welding Performance Qualification Testing/ASME Sec.IX) 及び Indian Boiler Regulation (IBR)等で定めがある。
その他、材料試験には、クリープ破断試験、結晶粒度試験、高温引張試験等、仕様に応じて様々な試験の要求があります。



2.4.3 材料の認証規格 (参考用)

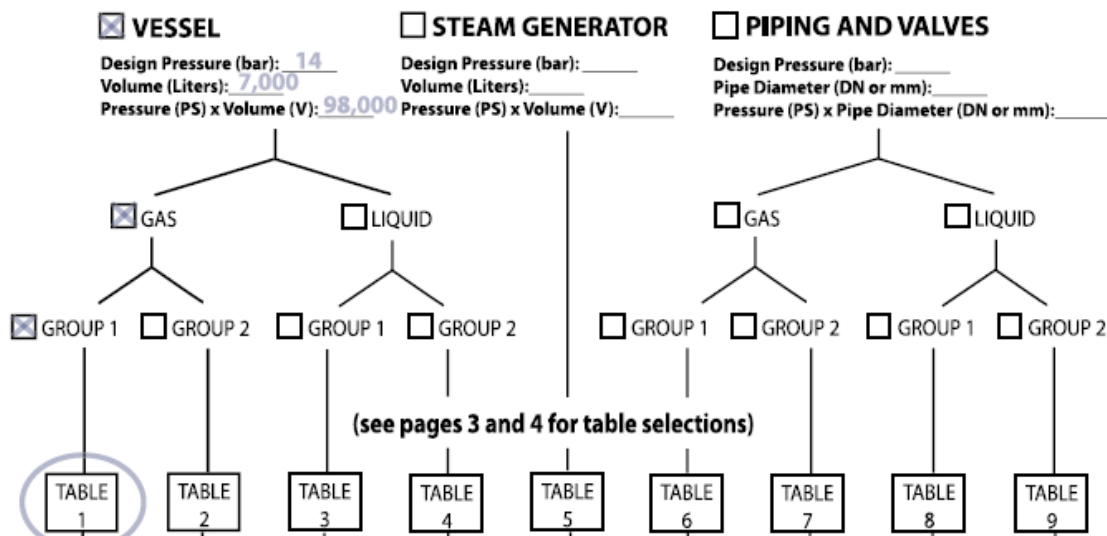
1) PED (Pressure Equipment Directive) 97/23/EC

EC 域内に輸出する場合の規制で、最大許容圧力が 0.5bar を超える圧力機器に適用されます。日本語では、「圧力機器指令 97/23/EC」と呼んでいます。

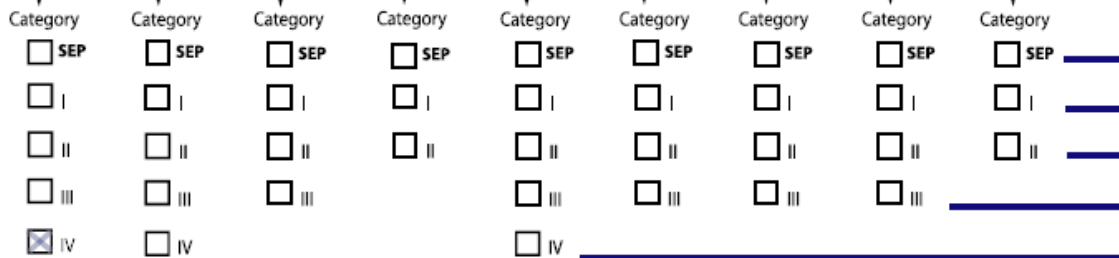
参考例 :

下記シーケンス (HSB のホームページから引用) のように液体又は気体により、Group から Category に分類されます。

1 Define Your Equipment Type (See left for definitions)



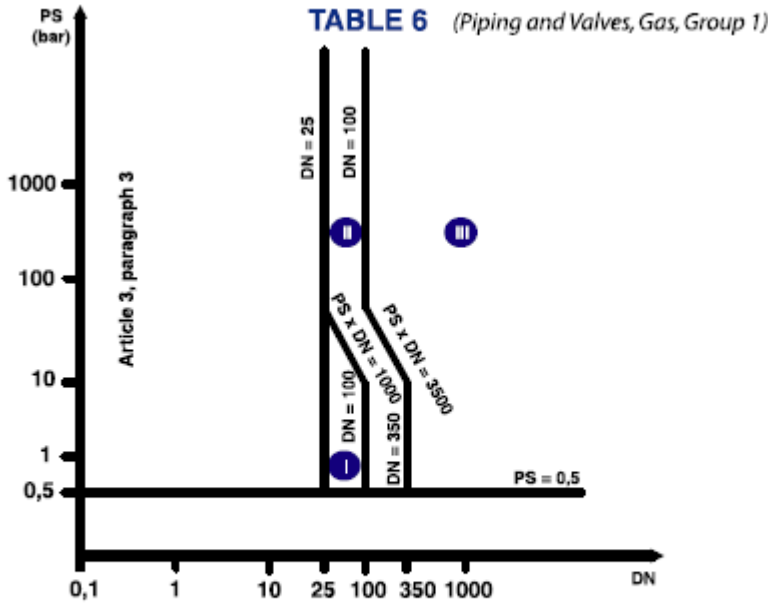
2 Find Your Hazard Category



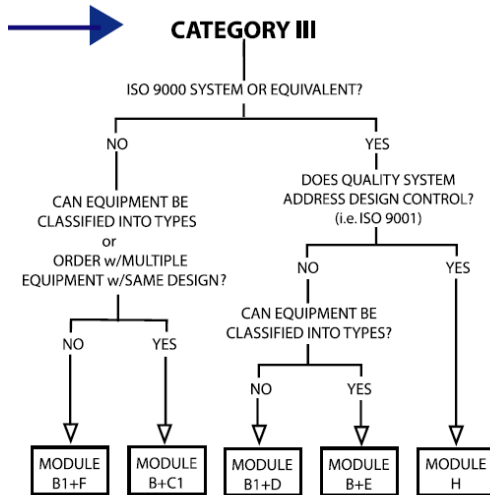
Fluid Group: (Article 9 of PED)
Group 1 - Fluids defined as:
 explosive, extremely flammable,
 highly flammable, flammable
 (where the maximum allowable
 temperature is above flashpoint),
 very toxic, toxic, or oxidizing.
Group 2 - All fluids not referred to
 in Group 1.



例えば、Valve で Group1 が適用の場合、下記 Table 6 により Category が分類されます。



Piping referred to in Article 3, Section 1.3 (a), first indent.
Exceptionally, piping intended for unstable gases and falling within categories I or II on the basis of Table 6 must be classified in category III.



更に Category III に分類された場合は、左図のように Module に分類され適用材料に関して特別な評価(PMA)が要求されます。

詳細に関しては、検査機関等にお問い合わせください。

Category III - CE marking with Notified Body involvement. For these categories, the Notified Body is required to approve the design or type for all Conformity Assessment Procedures, with exception of Module H. For Module H, the manufacturer has an approved quality system that is equivalent to ISO 9001 and includes procedures for design control. The Notified Body does not approve the design documents, but is required to approve Particular Material Appraisal (PMA) and for "one-off" items, perform a final inspection.



2) NORSOK STANDARD M-650 (Qualification of manufactures of special materials)

この規格は、The Norwegian Oil Industry Association (OLF) and Federation of Norwegian Manufacturing Industries が中心になり作成されています。

この規格の特質すべき点は、適用材料の認証に関して具体的に要求事項を規定していることであり、購入者として評価する場合の有効な手続きの一つになると感じています。

この規格で対象としている材料の種類は、次によります。

- ・ Duplex SS: all grades, product and dimensions
- ・ High alloyed austenitic SS: all product forms and dimensions
- ・ Nickel base alloys: castings
- ・ Titanium and its alloys: castings

主な検証項目は、

- ・ 材種毎の製作者の知識、経験、
- ・ 設備能力、
- ・ 工場での工程能力 (溶解から出荷までの能力)、
- ・ 品質管理能力 (ISO 9001 と同等)、
- ・ 関連 NORSOK 規格による試験結果の検証。

これらの Qualification 項目について、個々に規定されています。

関連規格に NORSOK STANDARD M-630 (Material data sheets for piping)があり、次に示すような材種毎に具体的な要求事項が記載されています。(バルブの材料も含まれます。)

MATERIAL DATA SHEET		MDS D46	Rev. 3
TYPE OF MATERIAL: Ferritic / Austenitic Stainless Steel, Type 22Cr duplex			Page 1 of 2
PRODUCT	STANDARD	GRADE	ACCEPT. CLASS SUPPL. REQ.
Castings	ASTM A 995	4A (UNS J92205)	S5, S6, S20
1. SCOPE	This MDS specifies the selected options in the referred standard and additional requirements which shall be added or supersede the corresponding requirements in the referred standard.		
2. QUALIFICATION	Manufacturers of product to this MDS shall comply with the requirement of NORSOK standard M-650.		
3. STEEL MAKING	The steel melt shall be with AOD or equivalent refining.		
4. HEAT TREATMENT	The castings shall be solution annealed followed by water quenching.		
5. CHEMICAL COMPOSITION	N = 0.14 - 0.20 %		
6. HARDNESS	The hardness shall be maximum 28 HRC or alternatively 271 HB or 290 HV10.		
7. IMPACT TESTING	Charpy V-notch testing is required according to ASTM A 370 at - 46 °C. The minimum absorbed energy shall satisfy 45 J average and 35 J single.		
8. MICROGRAPHIC EXAMINATION	The micrographic examination shall be carried out at the same area as location of specimens for mechanical testing. The area shall be minimum 10 x 10 mm. The ferrite content shall be determined according to ASTM E 562 or equivalent and shall be within 35 - 55 %. The microstructure, as examined at 200 X magnification on a suitably etched specimen, shall be free from intermetallic phases and precipitates.		
9. EXTENT OF TESTING	A full set of tensile, impact, hardness tests and microstructure examinations shall be made for each heat and heat treatment load. A test lot shall not exceed 5 000 kg.		
10. TEST SAMPLING	Samples for mechanical testing shall realistically reflect the properties in the actual components. Thickness of the test block shall be equal to the thickness of the actual components up to a maximum thickness of 100 mm. For flanged components the largest flange thickness shall apply. Test specimens shall be cut from the 1/4 T location from the surface where T is the thickness of the test block. Test block shall be integrally cast or gated onto the castings and shall not be removed from the castings until after the final quality heat treatment.		
11. NON DESTRUCTIVE TESTING	<p>Liquid penetrant testing: Supplementary requirement S6 shall apply to all surfaces (including internal surfaces) of all castings. The examination shall be carried out after final machining. Non-machined surfaces shall be pickled prior to the testing. The acceptance criteria shall be to ASME VIII, Div. 1, Appendix 7.</p> <p>Radiographic testing: Supplementary requirement S5 shall apply to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critical areas as per ANSI B16.34 of the pilot cast of each pattern. - All butt weld ends of each casting - Class 1500 psi and above; all critical areas to ANSI B16.34 of each casting. <p>The acceptance criteria shall be to ASME VIII, Div. 1 Appendix 7. NDT operator qualification shall be approved by a 3rd organization recognized by an EC member state.</p>		



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論 (改訂版)

<http://wingshome.co.jp/introduction.html>

e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0b

Sheet 38 / 137

MATERIAL DATA SHEET		MDS D46		Rev. 3
<i>TYPE OF MATERIAL:</i> Ferritic / Austenitic Stainless Steel, Type 22Cr duplex				Page 2 of 2
<i>PRODUCT</i>	<i>STANDARD</i>	<i>GRADE</i>	<i>ACCEPT. CLASS</i>	<i>SUPPL. REQ.</i>
Castings	ASTM A 995	4A (UNS J92205)	-	S5, S6, S8, S20
<i>12. SURFACE FINISH</i>	White pickled. Machined surfaces do not require pickling.			
<i>13. REPAIR OF DEFECTS</i>	Supplementary requirement ASTM A 703 S20 shall apply. The repair welding procedure qualification shall include the following: <ul style="list-style-type: none">- Qualified on a cast plate of the same grade (UNS-number) which shall be welded- Change of specific make of filler metal (brand name) requires re-qualification- Examination of microstructure of base material and weld zone. The ferrite content shall be 35-55 % for the base material and 35-65 % for the weld metal.- Charpy V-notch testing as specified above, with two sets each 3 specimens, with notch located in weld metal and fusion line, respectively. Welding shall be carried out by qualified welders according to qualified procedures approved by a 3 rd party organization recognized by an EC member State.			
<i>14. MARKING</i>	The component shall be marked to ensure full traceability to melt and heat treatment lot.			
<i>15. CERTIFICATION</i>	Certification shall affirm compliance with the specification and shall be according to EN 10204 Type 3.1B provided the manufacturer has a quality assurance system certified by a competent body established within the EC, and having undergone a specific assessment for materials. Heat treatment temperature, soaking time and cooling medium should be stated in the certificate.			

これらの認証は、ヨーロッパ、インド、中国で第三者による検証を済ませている製造工場が増えています。



3) API-20A (Carbon Steel, Alloy Steel, Stainless Steel, and Nickel Base Alloy Castings)

この規格は2012年3月に発行され、APIの背景として、バルブの鑄造材料の検査に関してASME B16.34に規定されている非破壊検査基準(RT/MT/UT)及び外観検査基準(MSS SP-55) (本書4項及び6項で解説しています。)で全てが明らかになるのか?との疑問から作成されたようです。著者も同様の意見を持っていますが、バルブメーカーにとっては、品質/納期/価格に直接反映する大きな問題であると感じています。

関連規格には、

- ・ Open Die Forgings 20B
- ・ Closed Die Forgings 20C
- ・ Heat Treatment 20G
- ・ Bolting 20E
- ・ NDE 20D

があります。本書では、20Aの概要について記載します。

この規格の特徴は、ASME SEC. IXで規定している溶接施工法(PQR/WPS)の考え方に似ている。即ち、鑄造工場毎に試験・検証した内容を実際の製品で適用できる範囲を定めた内容になっています。

具体的には、CASTING SPECIFICATION LEVELSとして次の4 LEVELSに分類し、LEVEL毎にサンプリングの方法を規定している。(CAMERONが2012年にVMAのTechnical Conferenceで使用した資料を参考にしました。)

Requirement	CSL-1	CSL-2	CSL-3	CSL-4
ASTM Keel Block	√	√	-	-
Equivalent Round or Integral Test Specimen	-	-	√	-
Sacrificial casting	-	-	-	√
Change in Material Group – change in material group from the casting that was previously qualified requires requalification	√	√	√	√
As-cast Thickness and Weight Range – change in the as-cast thickness and weight range class from the casting that was previously qualified requires requalification	-	√	√	√
Change in Melt Practice - when metal refining steps, such as AOD or ladle refining, are used to produce the qualification casting, the elimination of any of these steps from the melting / casting practice shall require requalification	-	-	√	√
Material Specification / Grade – change in the specific material specification / grade from the casting that was previously qualified requires requalification of the casting	-	-	-	√

Note: This table provides a matrix of requirements and may not include all requirements and should be used as a reference only.

Note: There are four pages of coupon/keel block instructions specified in the standard...

- ・ Coupons/keel blocks are to be proportional to finished qualified casting cross-sections.
- ・ Coupons/keel blocks are to be from the same heat as the components they qualify.
- ・ Coupons/keel blocks are to be heat treated together with those same components.



* 実際の製品に適用する項目を LEVEL 毎に次のように規定している。

Requirement	CSL-1	CSL-2	CSL-3	CSL-4
ASTM Keel Block	√	√	-	-
Equivalent Round or Integral Test Specimen	-	-	√	-
Sacrificial Casting	-	-	-	√
Change in Material Group	√	√	√	√
Revised or new-Pattern	√	√	√	√
Pattern re-Rigging	√	√	√	√
Change in Risers or Padding	√	√	√	√
Change in External Chills	√	√	√	√
As-cast Thickness and Weight Range Class	-	√	√	√
Casting Process	-	√	√	√
Chemistry Tolerance greater than 15%	-	-	√	√
Change in melting Practice	-	-	√	√
Material Specification / Grade	-	-	-	√

Note: Above matrix of requirements do not include all requirements and are to be used as reference only.

* 材料の範囲については、次のように Group で分類している。

Material Group	Description	Typical Examples
Group A	Carbon Steels	ASTM A216 ASTM A148 ASTM A352, Gr. LCC
Group B	Low Alloy Steels	ASTM A217 A487 / A487M
Group C	Stainless Steels other than Duplex	ASTM A351
Group D	Duplex Stainless Steels	Duplex and Super Duplex Stainless Steels ASTM A890 ASTM A995
Group E	Nickel Base Alloys (CRA)	ASTM A494 ASTM A743 ASTM A744

* 溶接補修の範囲も LEVEL 毎に次のように規定している。

Qualification Casting - Weld Repair Limitations

{Table 2}

CSL Level	% Surface Area	% Wall Thickness
CSL-1	No Limitation	No Limitation
CSL-2	25%	25%
CSL-3	20%	20%

Repair Welding - Procedures, Welders / Welding Operators Qualification

CSL Level	Requirement
CSL-1 & CSL-2	ASME BPVC, Section IX; AWS D1.1; ASTM A488 or equivalent standards
CSL-3	ASME BPVC, Section IX
CSL-4	No welding permitted



* 試験項目も LEVEL 毎に次のように規定している。

Type	CSL-1	CSL-2	CSL-3	CSL-4
Mechanical (tension, toughness)	√	√	√	√
Micro-Structure (micro-specimen)	-	-	√	√
Visual (MSS SP-55)	√	√	√	√
Dimensional	√	√	√	√
Hardness	√	√	√	√
Surface NDE (LP or M, level 2 max.)	-	√	√	√
Volumetric NDE (RT or UT, level 2 max.)	-	(a)	√	√
Sacrificial Casting	-	-	-	√
Corrosion Testing	-	-	√	√
Other Testing (Group D Material)	√	√	√	√

これらの具体的な試験方法については規格を参照してください。

備考)

LEVEL 4 については、溶接補修を認めていない等問題点も指摘されているようで、この規格の内容に関して、改定があると思われる。

全般としては、前述した NORSOK 同様、購入者にとって鑄造工場の評価をするための重要な規格になると考えています。