

一例として、大入熱溶接用降伏点315N/mm<sup>2</sup>級鋼板の入熱量とボンド部のvTrsとの関係を図26に示す。また、大入熱溶接対策の効果を従来鋼板と比較して図27および図28に示す。いずれも大入熱溶接対策により著しい改善効果が認められる。

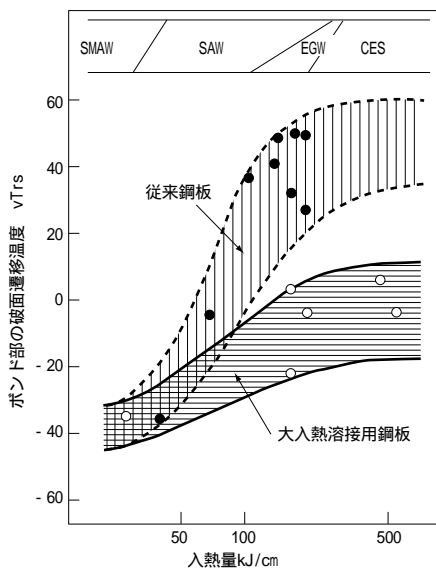


図26 入熱量とボンド靱性との関係<sup>21)</sup>

注)  $Q = \frac{A \times V \times 60}{v}$  Q=溶接入熱量 (J/cm)  
 A=電流  
 V=電圧  
 v=溶接速度 (cm/min)

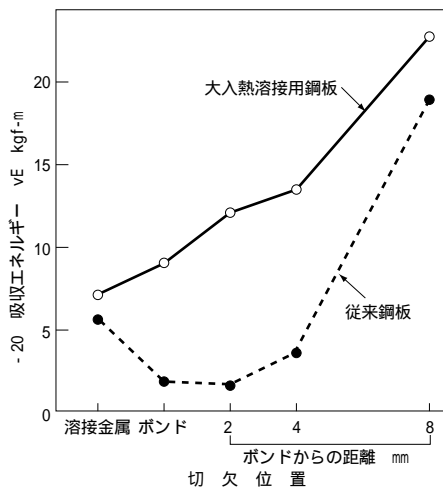


図27 ボンド部靱性の比較<sup>22)</sup>

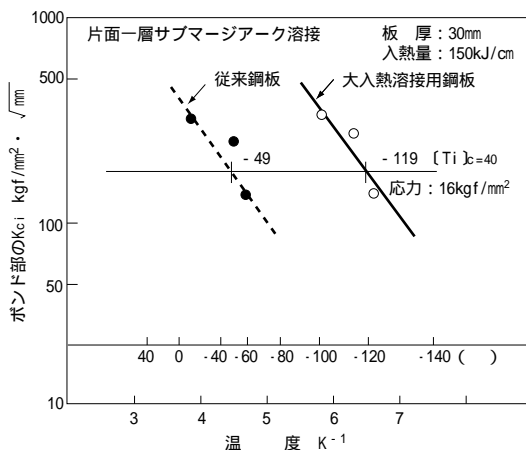


図28 ボンド部の脆性破壊発生特性の比較<sup>23)</sup>

### 5.5 压力容器用鋼板

压力容器とみなされる機器の種類は非常に多い。用途から分類すると、ボイラ、反応容器、アキュムレータ、受槽、貯槽、ホルダ、蒸留塔、熱交換器などとなる。

これら压力容器の使用圧力は、真空から1,000気圧以上におよび、また、使用温度は図29および表15に示すように、絶対0度に近い超低温から500度を超える高温にわたり千差万別である。

したがって、压力容器に使用される材料の種類も多く、炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼、耐熱鋼、超合金、非鉄金属材料など多岐にわたっているが、ここでは使用温度区分別に通常よく用いられている炭素鋼、低合金鋼、合金鋼について述べる。

表15 設計温度と鋼種との関係<sup>25)</sup>

設計温度 (概略)	主な鋼種
	小 ← 設計圧力 × 内径 → 大
-10 ~ 350	軟鋼、Si - Mn系50kgf/mm <sup>2</sup> 級高張力鋼、60kgf/mm <sup>2</sup> 級高張力鋼、Mn - Mo - Ni鋼
350 ~ 450	粗粒キルド鋼、Mn - Mo鋼、Mn - Mo - Ni鋼
450 ~ 500	C - Mo鋼、2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr - 1Mo鋼
500 ~ 550	1Cr - 1/2Mo鋼、1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr - 1/2Mo鋼、2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr - 1Mo鋼
550 ~ 600	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr - 1Mo鋼、オーステナイト系ステンレス鋼
600以上	オーステナイト系ステンレス鋼

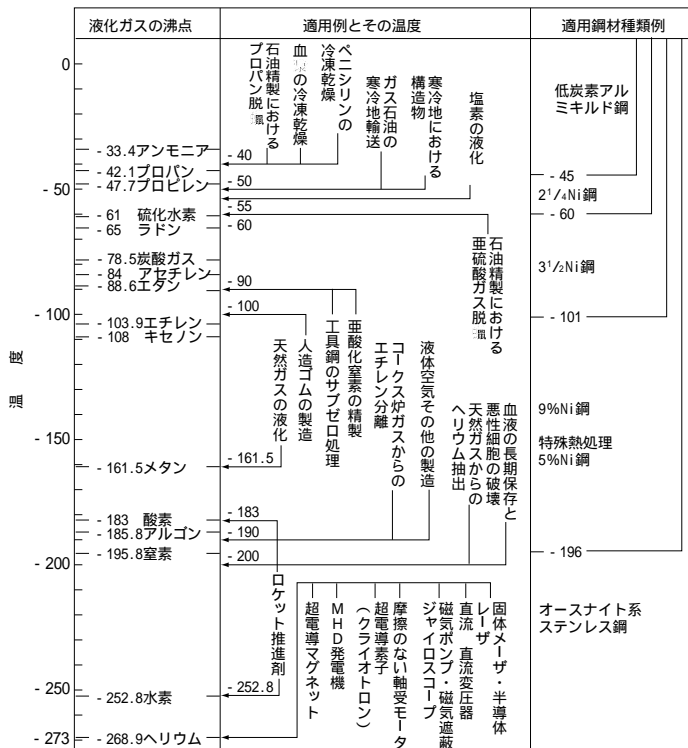


図29 低温用鋼材の適用例<sup>24)</sup>

### 5・5・1 中・常温圧力容器用鋼板

中・常温の明確な定義はないが、高温側は、クリープを考慮しなくてよい温度で、約350℃であり、また、低温側は、低温用鋼と区分するため -10℃以上の温度をさしている。

したがって、ほとんどの鋼板は、この範ちゅうに入るが、比較的高圧容器によく使用される中・常温圧力容器用鋼板として次のものがある。

#### 1) 炭素鋼板

この鋼板は、JIS G 3118「中・常温圧力容器用炭素鋼板、SGV」が制定されており、また、それに相当するものとしてASTM A516、BS EN 10028Part1などがある。これらの鋼板は、通常焼ならし処理によって製造される細粒キルド鋼であり、各種圧力容器用鋼板として使用されている。

図30に示すように、相当よい切欠き靱性が得られるが、次に述べるSPVに比較してMn含有量の上限が1.20%と低くおさえられているため、SPVと同一強度を得るにはC含有量を高める必要があり、靱性、溶接性の点でSPVよりやや劣る。

曲線記号	試料番号	化学成分%					
		C	Si	Mn	P	S	Cr
●	A-20	0.17	0.23	1.11	0.011	0.006	0.14
○	A-32	"	"	"	"	"	"
×	A-38	"	"	"	"	"	"
□	A-50	"	"	"	"	"	"
△	B-40	0.16	0.20	1.12	0.012	0.020	-
▲	B-50	"	"	"	"	"	-

曲線記号	化学成分%			熱処理	板厚 mm	引張試験 kgf/mm <sup>2</sup>	
	V	Mo	Al			降伏点	引張り強さ
●	0.05	0.04	-	焼ならし	20	37.4	53.5
○	"	"	"	"	32	37.8	53.4
×	"	"	"	"	38	37.1	53.6
□	"	"	"	"	50	34.1	51.5
△	-	-	0.035	"	40	34.0	50.6
▲	-	-	"	"	50	33.7	50.4

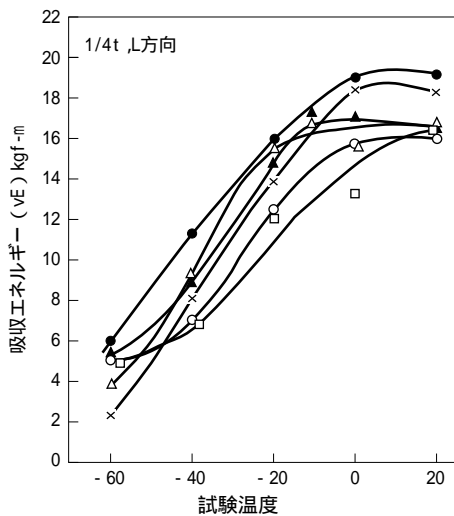


図30 圧力容器用炭素鋼板の切欠き靱性<sup>26)</sup>

#### 2) Si - Mn鋼板

この鋼板は、JIS G 3115「圧力容器用鋼板、SPV」が制定されており、常温降伏点の下限値を記号にしたSPV235、SPV315、SPV355、SPV410、SPV450、SPV490の6種類である。いずれも

Cを0.20%以下におさえたSi - Mn系鋼板で、Mnの上限も強度レベルに応じて1.60%まで許容されている。

前項のJIS G 3118と比較してMnの上限値が高いので、C含有量をあまり増さずに強度を確保でき、靱性、溶接性の点で有利である。2mmVノッチシャルピー衝撃試験遷移温度におよぼすCおよびMnの影響を図31および図32に示す。

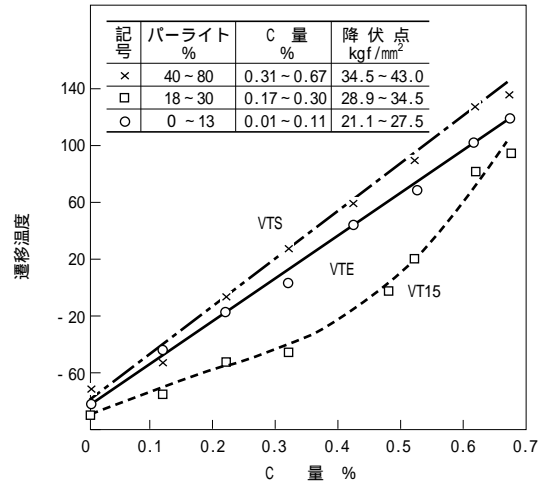


図31 2mmVノッチシャルピー衝撃試験遷移温度におよぼすC量の影響<sup>27)</sup>

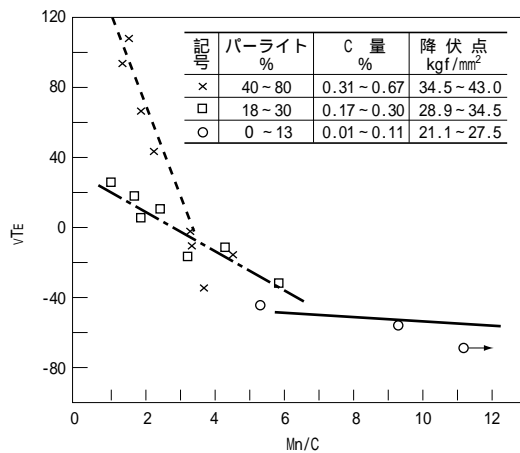


図32 2mmVノッチシャルピー衝撃試験遷移温度におよぼすMn量の影響<sup>28)</sup>

なお、SPV315、SPV355、SPV410はTMCPによる製造が認められているが、その場合Ceq、P<sub>CM</sub>を規定することにより、さらに優れた靱性、溶接性を得ることができる。

同様に、SPV450、SPV490を焼入焼もとして製造する場合には、CeqもしくはP<sub>CM</sub>が規定されるため良好な靱性、溶接性を得ることが可能である。

SPVを含め、引張強さ490N/mm<sup>2</sup>級以上の鋼板は通常、溶接時の低温割れを防止するため予熱が必要である。球形タンクを製作する場合の予熱温度を表16に示す。

表16 高張力鋼製球形タンクの予熱温度<sup>29)</sup>

鋼材の級別 肉厚 mm	引張強さ			
	50kgf/mm <sup>2</sup> 級	60kgf/mm <sup>2</sup> 級	70kgf/mm <sup>2</sup> 級	80kgf/mm <sup>2</sup> 級
15	-	-	75 ~ 125	100 ~ 150
25	50 ~ 100	50 ~ 100	100 ~ 150	125 ~ 175
32	75 ~ 125	75 ~ 125	125 ~ 175	150 ~ 200
38	100 ~ 150	100 ~ 150	150 ~ 200	150 ~ 200
50	125 ~ 175	125 ~ 175	150 ~ 200	150 ~ 200

しかし、施工時の溶接で予熱管理を正確に行うことは煩雑であり、また、作業環境も悪化する。

この予熱緩和を目的として、低き裂感受性鋼板（クラックフリー鋼板）が開発、実用化され、すでにWES 3009「溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性」が制定されている。低き裂感受性590N/mm<sup>2</sup>（60kgf/mm<sup>2</sup>）級鋼板と従来鋼板とのy形溶接割れ試験結果の一例を図33に示す。

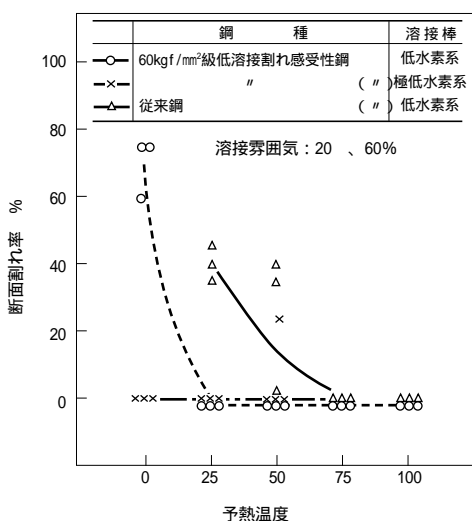


図33 y形溶接割れ試験による予熱温度と断面割れ率の関係<sup>30)</sup>

### 3) 高温耐力保証鋼板

わが国の圧力容器に関する法令および構造規格は、ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. およびSec. Div.1に準拠しているため、材料に対する許容応力が低く、降伏点ベースの設計を採用している欧州系の法規 (BS5500、ADMerck-blätter B-0など) や米国ですでに採用しているASME Sec. Div.2などに比較して、容器の肉厚が厚くなり、設計上不利になっていた。

この鋼板は、高温耐力を保証することによって、欧州法規やASME Sec. Div.2と同等の設計理念が適用できるように、日本溶接協会によって、WES 3005「中・常温圧力容器用高強度鋼鋼板、PMS」として規格化され、その後、JIS G 3124「中・常温圧力容器用高強度鋼鋼板、SEV」が制定されている。規格末尾の数値は350 における0.2%耐力の保証値N/mm<sup>2</sup>をあらわしており適用最大板厚は150mmである。

記号	化学成分%					
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr
●	0.18	0.46	1.51	0.09	0.29	0.04
○	0.16	0.24	1.21	0.20	0.51	0.31
×	0.17	0.40	1.50	0.19	0.03	0.21
△	0.18	0.41	1.54	-	-	-
▲	0.17	0.32	1.29	0.19	0.42	0.56

記号	化学成分%				板厚 mm	熱処理
	Mo	V	Nb	Al		
●	0.24	0.037	0.024	0.038	75	NTSR
○	0.30	0.050	0.038	0.024	75	NTSR
×	0.23	-	0.023	0.041	75	NT
△	0.33	0.042	0.048	0.034	75	NT
▲	0.26	0.040	-	0.029	60	NTSR

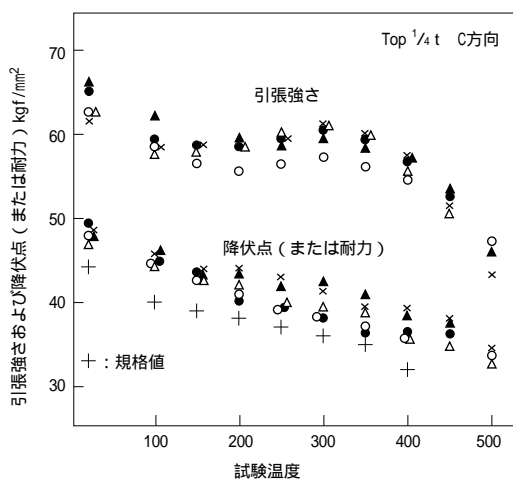


図34 PMS35鋼板の高温強さ<sup>31)</sup>

鋼板は圧延まま、焼ならし、または焼ならし焼戻し処理のいずれかで製造されている。

PMS35 (SEV345相当) の高温強度の一例を図34に示す。

### 5・5・2 低温圧力容器用鋼板

低温とは、通常 - 10 未満の温度をさし、これより低温で使用される鋼板を一般に低温用鋼板と称している。

低温で使用される鋼構造物では、脆性破壊が大きな問題となるため、その防止のため十分な低温靱性を有する鋼板を使用する必要がある。

低温圧力容器用鋼板を大別すると次の2種類となる。

#### 1) 低炭素Alキルド鋼板

この鋼板は、JIS G 3126「低温圧力容器用炭素鋼鋼板、SLA」が制定されており、Si - Mn系キルド鋼をベースに、切欠き靱性の向上を図るためC含有量を低くおさえ、Mn含有量を高くし、かつ不純物のP、Sを極力低くおさえた鋼板である。また、結晶粒の微細化を図るためAlを添加しており、さらに制御圧延や焼ならし処理を行っている。

JISで規定する鋼板のうち、SLA325A (SLA33A)、SLA325B (SLA33B) およびSLA360 (SLA37) の特性の一例を表17に示す。

表17 SLA325A (33A)、325B (33B) および360 (37) の機械的性質<sup>32)</sup>

種類の記号	板厚 mm	試験 方向	引張試験				衝撃試験			
			試験片	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	伸び %	vT <sub>15</sub>	vT <sub>s</sub>	vT <sub>E</sub>	vE-60 kgf·m
SLA33A	13	L	5号	35.2	50.4	36	-75	-63	-63	21.0
		C	5号	35.6	51.2	36	-72	-50	-50	7.6
	30	L	4号	34.0	49.2	42	-100	-59	-70	21.0
		C	4号	34.7	49.4	41	-92	-52	-62	11.9
SLA33B	13	L	5号	41.9	49.0	44	-115	-83	-88	28.0
		C	5号	43.8	50.3	43	-112	-67	-73	16.0
	25	L	4号	38.6	50.6	36	-118	-105	-106	32.8
		C	4号	39.2	48.7	35	-116	-88	-88	21.3
SLA37	16	L	5号	43.0	55.7	43	-140	-118	-117	34.0
		C	5号	44.1	57.0	38	-132	-100	-98	22.8
	25	L	4号	45.8	55.9	36	-140	-95	-100	28.8
		C	4号	46.1	54.7	36	-130	-72	-87	17.8

2) Ni鋼板

この鋼板は、JIS G 3127「低温圧力容器用Ni鋼鋼板、SL-N」が制定されている。

Niは鋼の靱性を改善するもっとも有効な合金元素であり、Ni含有量が増すとともに靱性が向上し、最低使用温度も低くなる。

Ni鋼板をNi量から大別すると、2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>%、3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>%、5%、9% Ni鋼板に分類され、これらはさらに熱処理との組合せによって異なった強度と靱性を有する鋼板に分類される。

各種Ni鋼板の2mmVノッチシャルピー衝撃試験結果の一例を図35に示す。

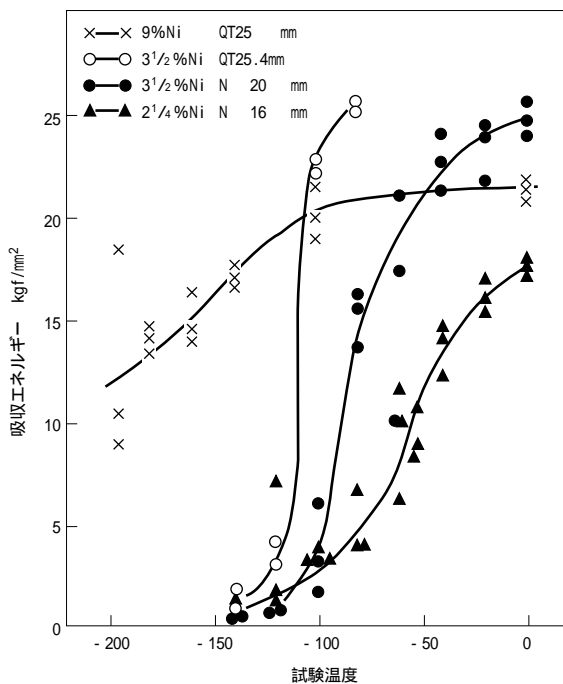


図35 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>、3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>および9%Ni鋼板の2mmVノッチシャルピー衝撃遷移曲線<sup>33)</sup>

5・5・3 高温圧力容器用鋼板

高温用鋼板とは、約400 以上で使用する鋼板をさしている。約350 以下の用途に対しては高温短時間引張強さ

に着目して設計が可能であるが、400 以上になるとさらにクリープ強さを考慮する必要がある。

高温圧力容器用鋼板として広く使用されている2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>%Cr - 1%Mo鋼板の高温許容引張応力のきめ方の一例を図36に示す。450 をこえる場合には高温クリープにより許容応力が決められている。

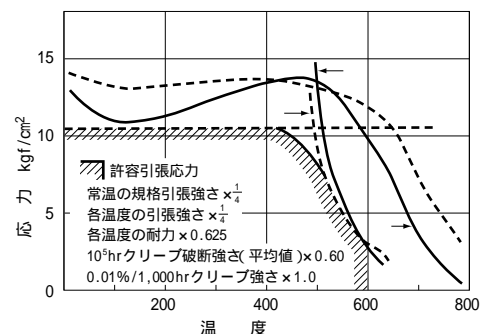


図36 高温引張応力のきめ方<sup>34)</sup>

このクリープ温度を考慮する温度範囲という意味で主としてボイラを対象に高温という言葉が用いられているが、化学工業用容器の場合、酸化と水素侵食による脆化などが問題となり400 以下の温度でもこれら使用環境を考慮した鋼板の選択が必要である。

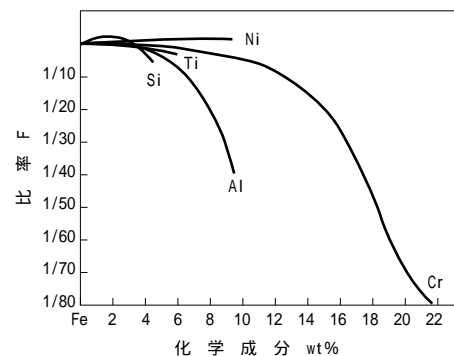


図37 Feの高温酸化におよぼす添加元素の影響 (900~1100 )

$$\text{注) } F = \frac{\Delta m_{\text{alloy}}}{\Delta m_{\text{metal}}}$$

$\Delta m_{\text{alloy}}$  : 合金元素を添加したときの酸化量  
 $\Delta m_{\text{metal}}$  : 純金属の酸化量

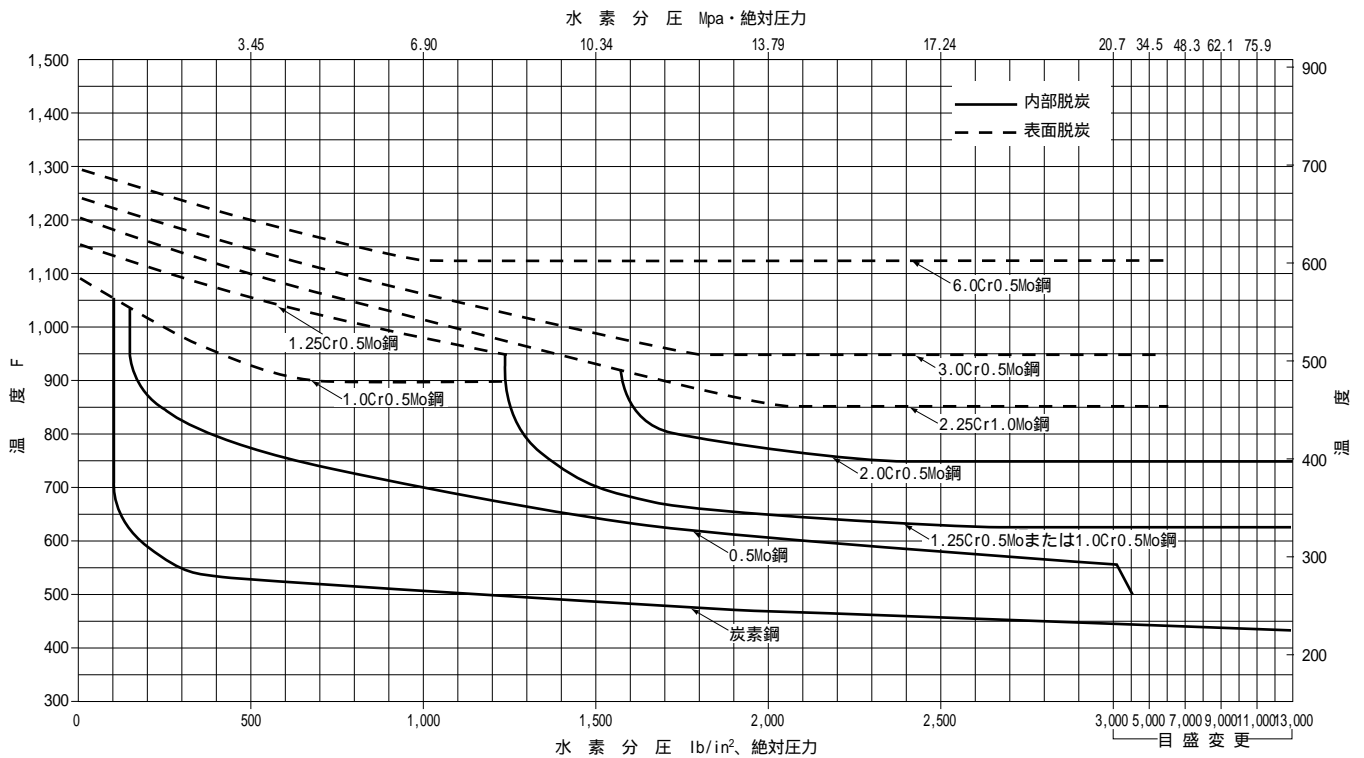


図38 高温高压水素に対する鋼の使用限界 (Nelson's Curve)<sup>35)</sup>

参考として、高温での耐酸化性におよぼす添加元素の影響を図37に示す。この図から、Crの添加は、耐酸化性の向上に顕著な効果があることがわかる。

また、鋼の水素侵食に対する低抗性を評価するものとして、広く用いられているNelson's Curveを図38に示す。

高温压力容器用鋼板は、ボイラ用として一部炭素鋼板があるが、多くはクリープ強さを向上させるために0.5~1.0%のMoを添加し、さらに耐食性、耐高温水素脆化性向上を図る目的で1~9%のCrを含有させているのが特徴である。

### 1) 炭素鋼板

この鋼板は、JIS G 3103「ボイラ及び压力容器用炭素鋼及びモリブテン鋼鋼板、SB、SB-M」にSB410、SB450、SB480の3種類が規定されており、国内での使用歴史も古い。

近年、ボイラの大形化、高温高压化にともない、引張強さ410N/mm<sup>2</sup>級のものから450N/mm<sup>2</sup>級、480N/mm<sup>2</sup>級へと高強度化し、また、主として使用される板厚も50mm内外から100mmを超える極厚へと変わってきている。

炭素鋼板の特性の一例として、SB480 (SB49) について、機械的性質を図39に、また高温引張強さを図40に示す。

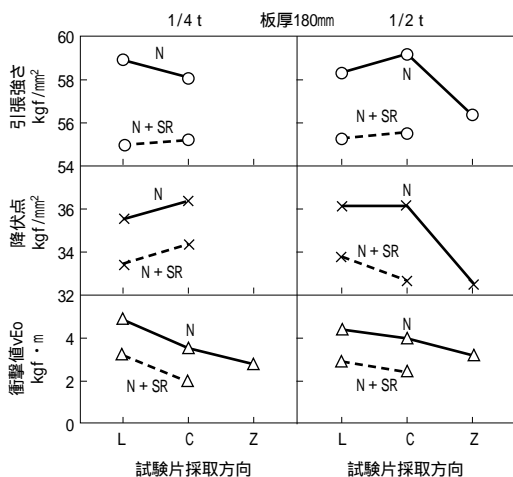


図39 SB480(SB49)の機械的性質 (板厚180mm)<sup>36)</sup>

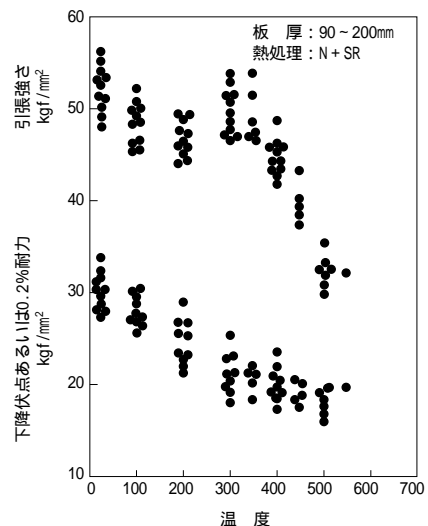


図40 極厚SB480(SB49)の高温引張強さ (板厚90~200mm)<sup>37)</sup>

## 2) Mo鋼板

この鋼板は、JIS G 3103にSB450M、SB480M、JIS G 3119「ボイラ及び压力容器用マンガンモリブデン鋼及びマンガンモリブデンニッケル鋼鋼板、SBV」にSBV1A、SBV1BおよびJIS G 3120「压力容器用調質型マンガンモリブデン鋼及びマンガンモリブデンニッケル鋼鋼板、SQV」にSQV1A、SQV1Bとして $1/2\%$ Mo鋼板が規定されている。

Moは、少量でクリープ強さを著しく上昇させる。このため高温で使用し、クリープ強さを考慮しなければならない場合にはMo含有鋼が使用される。

図41はフェライト鋼のクリープ強さにおよぼす添加元素の影響を示したものであり、Moの効果が非常に大きいことがわかる。

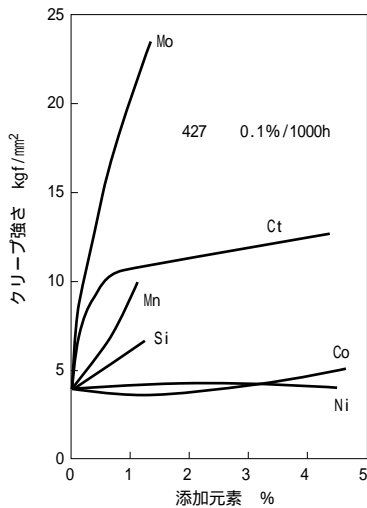


図41 フェライトのクリープ強さの添加元素による変化<sup>38)</sup>

## 3) Mn - Mo - Ni鋼板

この鋼板は、JIS G 3119にSBV2、SBV3およびJIS G 3120にSQV2A、SQV2B、SQV3A、SQV3Bが規定されている。

容器の大形化、高圧化にともない、使用鋼板の板厚が増大し、機械的性質を確保するため、Mn - Mo鋼にさらにNiを添加し、焼ならしあるいは焼入焼戻し処理した鋼板が使用されるようになった。

Niは変態点を下げ、焼入性を増大させるため、焼入焼戻し処理する場合には、その添加は強度、靱性の向上にきわめて有効である。

Mn - Mo鋼の引張特性および切欠き靱性におよぼすNiの影響を図42および図43に示す。

## 4) Cr - Mo鋼板

この鋼板は、JIS G 4109「ボイラ及び压力容器用クロムモリブデン鋼鋼板、SCMV」およびJIS G 4110「高温压力容器用高強度クロムモリブデン鋼鋼板、SCMQ」が制定されている。

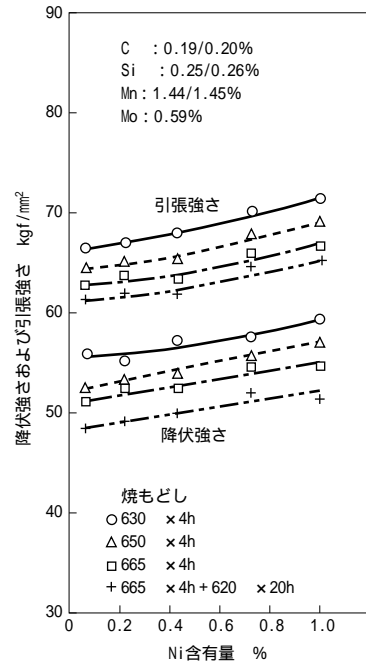


図42 Mn-Mo鋼の引張強さのおよぼすNiの影響 (オーステナイト化温度からの冷却速度 105 /min)<sup>39)</sup>

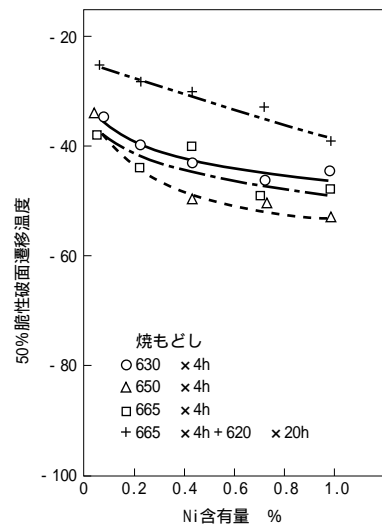


図43 Mn-Mo鋼の靱性におよぼすNiの影響 (オーステナイト化温度からの冷却速度 105 /min)<sup>40)</sup>

Cr - Mo鋼板は高温用フェライト系鋼の中で、クリープ強さ、耐酸化性および耐水素脆化性に対して良好な特性を示すことから高温高圧下で稼働する石油精製用压力容器や各種化学工業での化学反応容器用として用いられる。

ここでは、Cr - Mo鋼板のうち特に広く使われている1% Cr -  $1/2\%$ Mo鋼板、 $1\frac{1}{4}\%$ Cr -  $1/2\%$ Mo鋼板、 $2\frac{1}{4}\%$ Cr - 1%Mo鋼板と、最近JIS化された高温压力容器用高強度Cr - Mo鋼板について述べる。

(1) 1%Cr - 1/2%Mo鋼板および1 1/4%Cr - 1/2%Mo鋼板

この両鋼板は、CrおよびSi含有量以外は同一の化学成分範囲で規定されており、よく似た性質を示す。1/2%Mo鋼板にCrを添加するとCr含有量約1%までは添加量にしたがってクリープ強さを増し、1/2%Mo鋼板としては、1 1/4%Cr - 1/2%Mo鋼板が最大のクリープ強さを示す。

各種Cr - Mo鋼のクリープ強さを図44に示す。

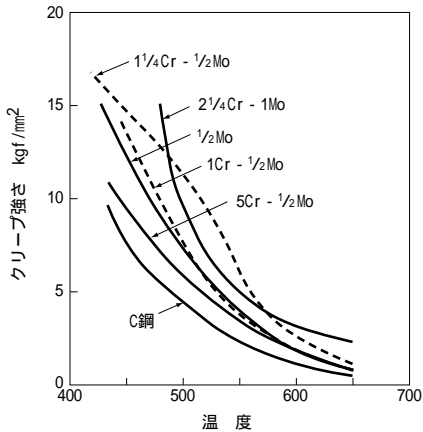


図44 Cr - Mo鋼のクリープ強さ (1%/10,000h)<sup>41)</sup>

高温で長時間使用する压力容器では鋼板の焼戻し脆性に留意する必要があり、この観点から、使用時の脆化程度を予想しておくため、図45に示すようなステップクーリング処理により、焼戻し脆化処理を施した後の衝撃特性を規定する方法がとられるようになってきている。

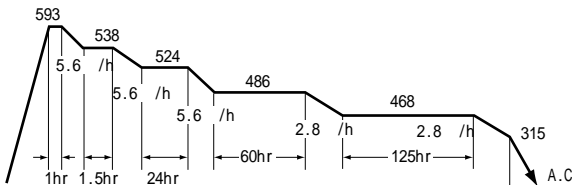


図45 ステップクーリング処理の熱サイクル<sup>42)</sup>

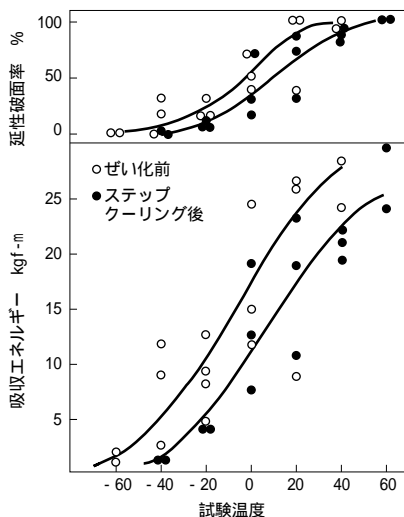


図46 1 1/4 - 1/2Mo鋼のステップクーリング前後2mmVノッチシャルピー衝撃遷移曲線<sup>43)</sup>

1 1/4%Cr - 1/2%Mo鋼の使用中の脆化をステップクーリング法によりシミュレートした結果の一例を図46に示す。

(2) 2 1/4%Cr - 1%Mo鋼板

2 1/4%Cr - 1%Mo鋼板は、焼戻し脆化感受性が高いので注意する必要がある。

焼戻し脆化感受性におよぼす化学成分の影響については種々の研究があり、表18に示す脆化係数が提案されている。また、ステップクーリングによる遷移温度の変化の一例を図47に示す。

表18 2 1/4Cr - 1Mo鋼の脆化係数<sup>44)</sup>

提案者	脆化係数
宮野、足立	$(Si + Mn) \times (P + Sn) \times 10^4$
LOW	$Mn + Si + 20Sn$
Bruscato	$(10P + 5Sb + 4Sn + As) \times 10^{-2}$ および $(Mn + Si)$
SOCAL	$10Sb + 8P + 4Sn + As$
Emmer	ステップクーリングの場合 $vTr_{60} (°F) = 83.4 [Si \ln x] - 175.8Mn + 160.1Mo - 90.3$ $900 °F \times 5000h$ の場合 $vTr_{60} (°F) = 99.0 [Si \ln x] + 263Mo - 240.3$

注：x：上記の式等で求められる脆化係数

鋼板	板厚 mm	化学成分 %					
		C	Si	Mn	P	S	
A	250	0.13	0.19	0.50	0.006	0.006	
B	150	0.12	0.17	0.67	0.019	0.009	
C	140	0.11	0.25	0.57	0.011	0.006	
D	200	0.13	0.27	0.61	0.013	0.007	

Cr	Mo	V	Ni	Cu	Al	Sn	As
2.35	1.00	-	0.11	0.07	0.026	0.008	0.031
2.42	0.97	-	0.19	0.13	0.016	0.015	0.017
2.32	0.99	0.04	0.09	0.05	0.014	0.008	0.008
2.38	0.9	-	0.03	0.04	0.012	0.003	0.004

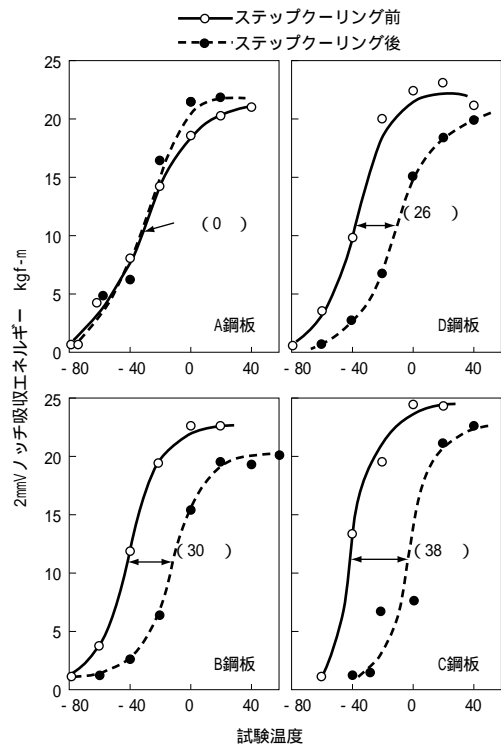


図47 ステップクーリングによる遷移温度の変化<sup>45)</sup>

### (3) 高温圧力容器用高強度Cr - Mo鋼板

重質油の分解精製や石炭液化の新プロセス開発にともない、450 以上の操作温度においても使用可能な従来のCr - Mo鋼板よりさらに高強度で耐水素侵食性に優れた鋼板の要求が高まり、これに対応した鋼板が開発されている。この鋼板に対し、既にASTMやASMEで規格化されていたが、わが国では、1993年にJIS G 4110「高温圧力容器用高強度クロムモリブデン鋼板、SCMQ」が制定され、SCMQ4Eとして2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>%Cr - 1%Mo鋼板、SCMQ4Vとして2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>%Cr - 1%Mo - <sup>1</sup>/<sub>4</sub>%V鋼板、SCMQ5Vとして3%Cr - 1%Mo - <sup>1</sup>/<sub>4</sub>%V鋼板が規定された。

### 5・6 ラインパイプ用鋼板

ラインパイプ用鋼板は、アメリカ石油協会規格API 5L (Line Pipe) が一般に準用されている。

この規格では、パイプから採取した試験片について機械的性質を保証することになっているため、鋼板に対する仕様は造管および試験片採取の際の材質変化を見込む必要がある。

大径ラインパイプ用鋼板の製造には、制御圧延法が採用されている。微量のNb、V、Tiなどの合金元素を有効に活用し、強度と靱性の最適なバランスを得る圧延パススケジュールを採用することにより、わが国では、板厚19.5mm、設計温度 - 20 、X70クラスの溶接性の優れたラインパイプ用鋼板の大量生産が可能となっている。

また、最近のラインパイプ用鋼板の問題点として、サワーガス環境下での使用による水素誘起割れ (Hydrogen Induced Cracking : HIC) があり、その対策が必要である。この点に関しては、脱硫および硫化物系介在物の形態制御、偏析の軽減、その他介在物の低減などの一連の鋼内質の改

善措置を講ずることおよびCuの添加などにより、サワーガス環境下でも十分使用可能なラインパイプ用鋼板が開発、実用化されている。

### 5・7 特殊用途用鋼板

#### 5・7・1 耐摩耗鋼板

土木、建築、鉱山などの産業機械の主要部材には、土砂、鉱石などに対する耐摩耗性が要求される。

わが国において市販されているこの種の耐摩耗鋼板としては、C - Si - Mn系のほかに1.0%程度のCr、0.5%程度のMo、さらに微量のCu、V、Bなどを適宜含有させたCr - Mo系の焼入焼戻し型鋼板があり、それぞれ鋼板表面のブリネル硬さによって耐摩耗性を保証している。

耐摩耗鋼板の化学成分および表面硬さの一例を表19に示す。

#### 5・7・2 非磁性鋼板

核融合炉、磁気浮上式リニアモーターカーなど磁気を利用する設備や、変圧器、ガス遮断器など各種重電機器の構造材料として非磁性鋼板が使用される。

非磁性鋼とは、強磁性でない鋼、すなわち、磁石に引っ付かない鋼の工業的通称であり、一般に磁場中での磁化のしやすさの尺度である透磁率 $\mu$ を用いその値が1.02以下のものをいう場合が多い。

先に述べた磁場の発生を伴う構造物に非磁性鋼が必要とされる理由は、磁性材料が存在すると、磁界分布を乱し、所定の磁場が得られないこと、また、磁性材料中に渦電流が発生しエネルギー損失になるばかりでなく、材料自体の

表19 市販耐摩耗鋼板の化学成分および表面硬さの一例<sup>46)</sup>

分類	かたさの保証値 ブリネル硬さ HBS	記号	板厚 mm	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	V	Ti	B	(1) Ceq	(2) P <sub>CM</sub>	表面硬さ HBS
321		A	14.0	0.12	0.32	1.58	0.011	0.007	-	-	-	-	-	0.0017	0.40	0.218	360
		B	25.4	0.19	0.30	1.36	0.019	0.007	-	-	0.22	-	0.028	0.0015	0.48	0.290	345
		C	50.8	0.20	0.32	0.93	0.018	0.012	-	0.55	0.23	0.04	0.021	0.0011	0.54	0.309	352
360		D	12.7	0.19	0.30	1.43	0.24	0.009	-	-	0.21	-	0.023	0.0012	0.49	0.292	369
		E	25.4	0.20	0.31	0.92	0.018	0.010	-	0.54	0.23	0.04	0.021	0.0017	0.53	0.311	383
400		F	25.4	0.18	0.29	0.64	0.018	0.010	0.26	0.99	0.32	0.03	-	0.0017	0.58	0.317	410

$$(1) Ceq = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} (\%)$$

$$(2) P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B (\%)$$