

材質不具合の要因とその対策

2010年12月17日(金)
機械振興会館 6F



(株)宇部スチール 糸藤春喜

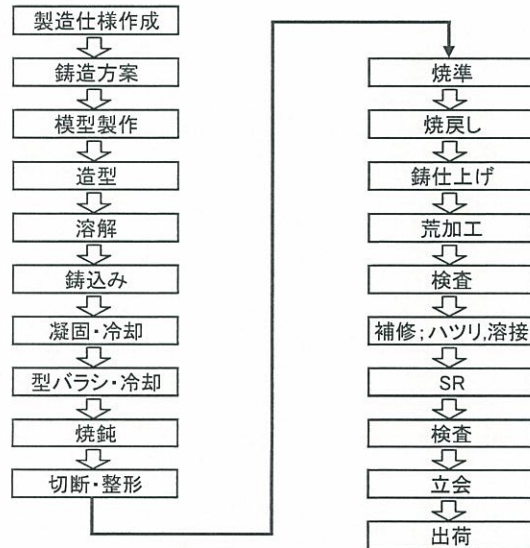


図 鋳鋼品の一般的な製造工程フロー

材質不具合;ミクロ組織

機械的性質(引張・衝撃・硬度特性)

物理的性質(磁性、超音波の伝播)

脆化、硬化

表 工程における材質不具合とその要因・対策

No.	工程	発生要因	種類	要因	対策
1	製造仕様作成	有	(強度・靱性・硬度不足)	契約・製造条件の設定不良	契約・製造前の十分な検討
2	鋳造方案	有	(成分・組織偏析、UT不良)	長時間凝固、低温度勾配	凝固時間短縮、高温度勾配化
3	模型製作	無	—	—	—
4	造型	無	—	—	—
5	溶解	有	機械的性質外れ H脆化、H起因のUT不良 ロックキャンディ脆化・破壊	成分外れ 高H 高N・Al	取鋼の成分確認⇒鋳込み 脱H 低N溶解or脱N、適正Al(AI・N≤60X10 ⁻⁵ %)
6	鋳込み	有	吸H・N、二次酸化	鋳型の乾燥不足、乱流鋳込み	鋳型の乾燥、整流鋳込み
7	凝固・冷却	有	濃C・N・S・P	フラン鋳型、発熱パッド	アルカリ鋳型、塗型塗布
8	型バリシ・冷却	有	焼入れ硬化	γ温度域以上でバリシ	γ温度域以下でバリシ、冷し切り不可
9	焼鈍	有	結晶粒の粗大化	高温・長時間処理	(Ac ₃ +50°100°C) X 0.5h/in
10	切断・整形	有	焼入れ・浸炭硬化	急熱・急冷、ガウジング棒からの浸炭	予熱、硬化層のGr除去
11	焼準	有	強度・靱性・硬度不足 UT不良	直火、γ化温度未達、冷却速度 γ化温度未達	均熱帯内処理、実体温度モニタα・Pノーズ回避 実体温度モニタ
12	焼戻し	有	硬度過多 or 不足 不安定組織(残留γ過多)	保持温度・時間不良 保持時間・実施回数不足	焼戻しカーブ作成、実体温度モニタ 二重焼戻し
13	鋳仕上げ	無	—	—	—
14	荒加工	有	加工硬化、γ鋼の磁性化	重切削(転位導入、加工誘起M変態)	軽切削
15	検査	有	磁化、焼入れ硬化	励磁、プロット痕	不可避;脱磁、網を付けて軽減、Gr除去、SR
16	補修:ハツリ 溶接	有 有	焼入れ・浸炭硬化 焼入れ硬化	急熱・急冷、ガウジング棒からの浸炭 予・後熱不良	予熱、硬化層のGr除去 100°200°C予熱、入炉後熱
17	SR	有	強度・硬度不足	長時間 or 焼戻し温度以上で処理	0.5h/in保持、工程15-17の繰返し回避
18	検査	有	磁化、焼入れ硬化	励磁、プロット痕	不可避;脱磁、網を付けて軽減、Gr除去、SR
19	立会	有	磁化、焼入れ硬化	励磁、プロット痕	不可避;脱磁、網を付けて軽減、Gr除去、SR
20	出荷	無	—	—	—

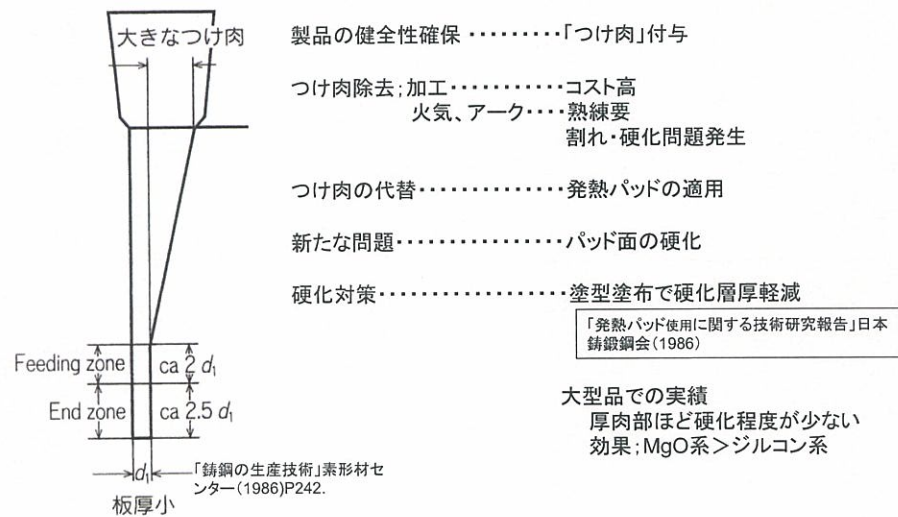


図 指向性凝固確保のための「つけ肉」方案の問題点とその対策

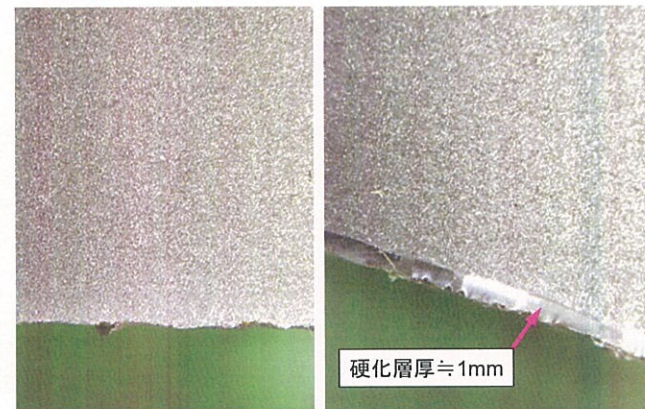


写真 砂鑄型及び発熱パッド部の断面マクロ

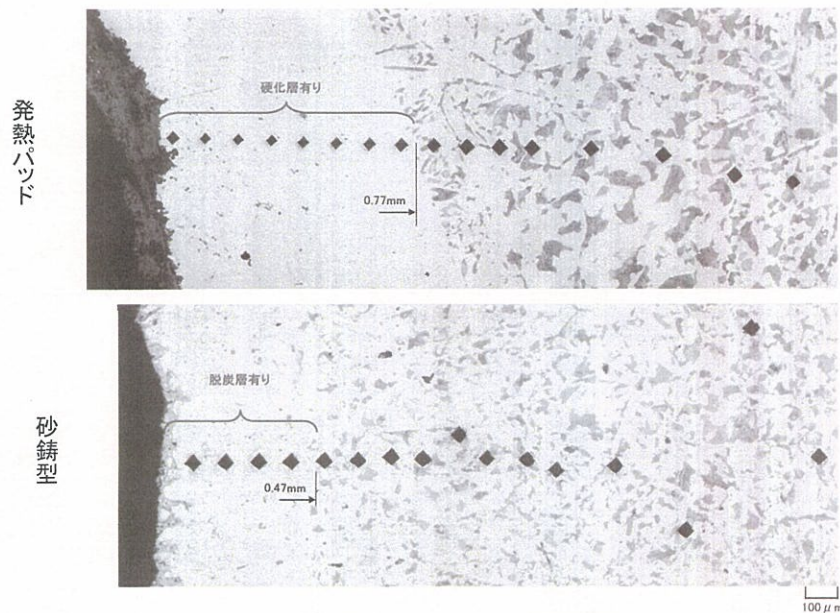


写真 砂鑄型及び発熱パッド部の表面近傍のマイクロ組織

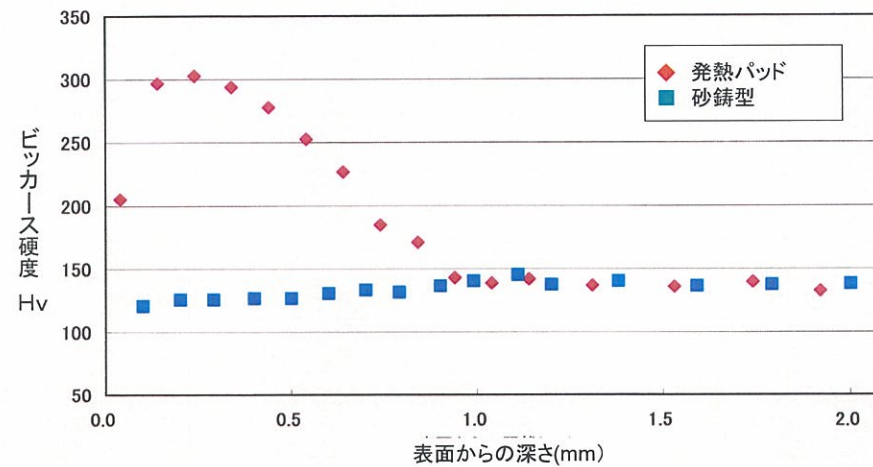
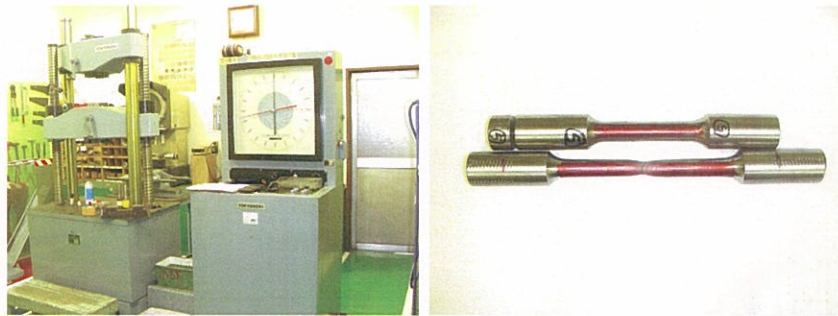


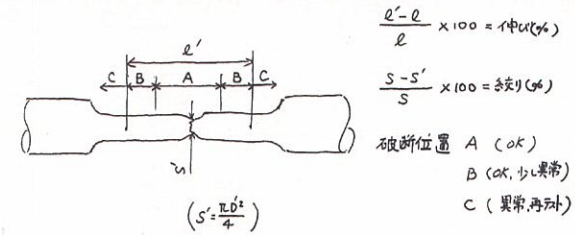
図 砂鑄型及び発熱パッド部の実体硬度



アムスラー型万能引張試験機(500KN) 引張試験片;(上)試験前 (下)試験後

表 異常引張試験値の原因推定要領

材質	正常vs不具合	引張特性				硬度 HB 10/3000	破面	原因
		0.2%耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %			
SCW480	規格	≥275	≥480	≥20	—	—	—	—
	正常値	330	511	36	61	151	Cup & Cone	—
	強度不足	246	424	34	68	122	Cup & Cone	寸法 or SR不良
	強度・靱性不足	320	434	9	16	126	粒界破壊	脆化
SCW620	規格	≥430	≥620	≥17	—	—	—	—
	正常値	499	666	20	45	212	Cup & Cone	—
	靱性不足	568	689	13	20	222	Cup & Cone	焼戻し不良
	極度の靱性不足	686	745	0.8	3	272	脆性	鑄放し・未熟処理



9

10

— 硬さ換算表 —

JISハンドブック(2010)P2037.

表 2 (続き)

ブリネル くは み径 mm	ブリネル硬さ 10 mm 球・ 荷重3000kgf			ロックウェル硬さ (°)				ロックウェルスーパーフィシャル硬さ ダイヤモンド円錐圧子			引張強さ (近似値) MPa (°)	ブリネル くはみ径 mm	
	標準球	タングステンカーバイド球	ビーカー硬さ	Aスケール 荷重60kgf ダイヤモンド 円錐圧子	Bスケール 荷重100kgf 径1.6mm ダイヤモンド 円錐圧子	Cスケール 荷重150kgf ダイヤモンド 円錐圧子	Dスケール 荷重100kgf ダイヤモンド 円錐圧子	15 - N スケール 荷重15kgf	30 - N スケール 荷重30kgf	45 - N スケール 荷重45kgf			
3.95	235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	70.3	42.9	21.5	35	785	3.95
4.00	229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	69.7	41.9	20.1	34	765	4.00
4.05	223	223	234	—	97.3	(18.8)	—	—	—	—	—	—	4.05
4.10	217	217	228	—	96.4	(17.5)	—	—	—	—	33	725	4.10
4.15	212	212	222	—	95.5	(16.0)	—	—	—	—	—	705	4.15
4.20	207	207	218	—	94.6	(15.2)	—	—	—	—	32	690	4.20
4.25	201	201	212	—	93.8	(13.8)	—	—	—	—	31	675	4.25
4.30	197	197	207	—	92.8	(12.7)	—	—	—	—	30	655	4.30
4.35	192	192	202	—	91.9	(11.5)	—	—	—	—	29	640	4.35
4.40	187	187	196	—	90.7	(10.0)	—	—	—	—	—	620	4.40
4.45	183	183	192	—	90.0	(9.0)	—	—	—	—	28	615	4.45
4.50	179	179	188	—	89.0	(8.0)	—	—	—	—	27	600	4.50
4.55	174	174	182	—	87.8	(6.4)	—	—	—	—	—	585	4.55
4.60	170	170	178	—	86.8	(5.4)	—	—	—	—	26	570	4.60
4.65	167	167	175	—	86.0	(4.4)	—	—	—	—	—	560	4.65
4.70	163	163	171	—	85.0	(3.3)	—	—	—	—	25	545	4.70
4.80	156	156	163	—	82.9	(0.9)	—	—	—	—	—	525	4.80
4.90	149	149	156	—	80.8	—	—	—	—	—	23	505	4.90
5.00	143	143	150	—	78.7	—	—	—	—	—	22	490	5.00
5.10	137	137	143	—	76.4	—	—	—	—	—	21	460	5.10
5.20	131	131	137	—	74.0	—	—	—	—	—	—	450	5.20
5.30	126	126	132	—	72.0	—	—	—	—	—	20	435	5.30
5.40	121	121	127	—	69.8	—	—	—	—	—	19	415	5.40
5.50	116	116	122	—	67.6	—	—	—	—	—	18	400	5.50
5.60	111	111	117	—	65.7	—	—	—	—	—	15	385	5.60

備考 この表は、AMS Metals Hand book 第8版第1巻の表に対応するもので、便宜のために含めたが、引張強さ近似値に等価メトリック単位の追加及び推奨範囲を超えるブリネル硬さを追加する修正をしてある。

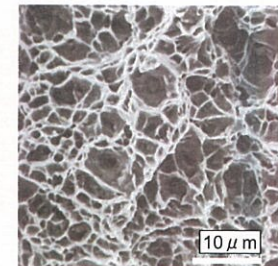
11



正常;コーン状破面(JIS4号)



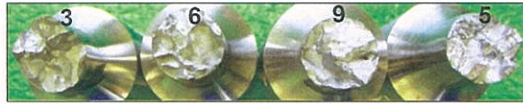
図76 カップ・コーン状破断。



「金属組織写真集、鉄鋼材料編」日本金属学会(1979)P84.

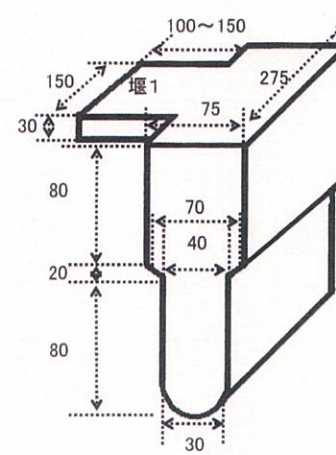
図 試験後の引張試験片破断面

12



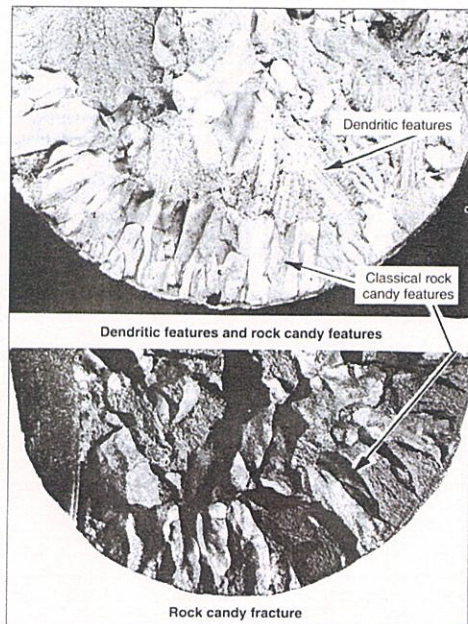
SEM

図 引張試験片の異常破断面;JIS4号(φ14mm)



異常な破壊:
 本体付き供試材3/10に発生
 現象: 粒界破壊
 原因: 溶鋼の充填速度不良
 対策: 供試材の堰を廃止、直付け

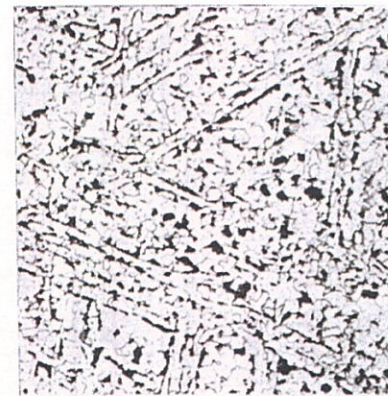
図 JIS G 0307 a号標準供試材



ロックキャンディ破壊面
 (原因: 高Al, 高NiによるAIN生成)

D.E.Dutcher; Modern Casting、Vol.89
 (1999)No.2、P46.

Fig. 1. Pictured here are rock candy features observed on fractured surfaces, typical of what is seen during visual examination of a failed cast part.



100 μm

ミクロ組織; 光顕微写真



40 μm

破面; SEM写真

ロックキャンディ破壊した試験片の組織

S.Stachura; Archiwum Hutnitwa, Vol.29(1984)No.1,P51.

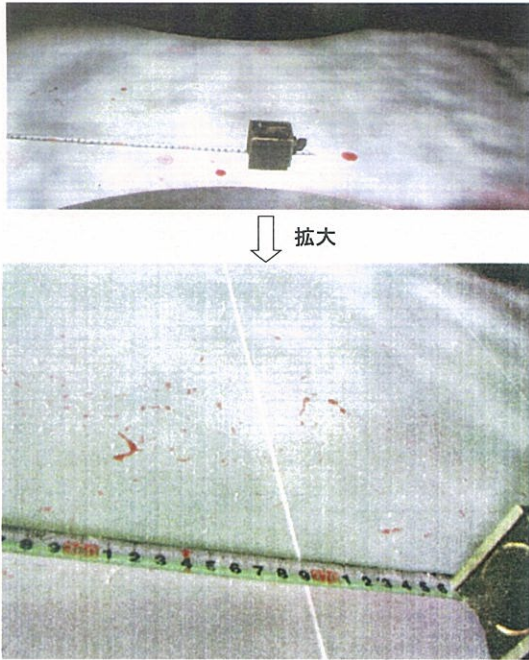
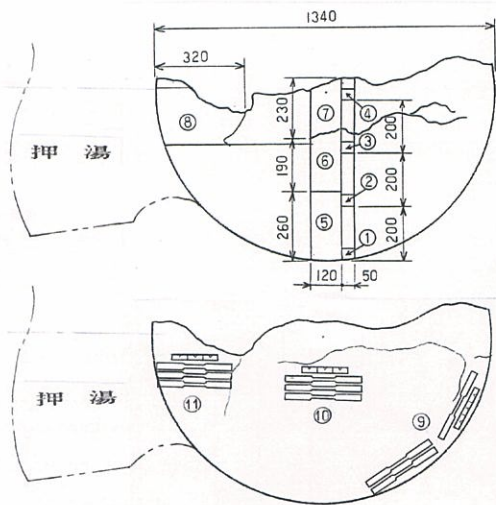


図 ロックキャンディのPT指示模様
:1050/1575精円押し湯下に発生



SC360
9840kg
φ 1340mm

写真 球状鑄鋼品のロックキャンディ破壊事例



- ①~④; ミクロ試料
- ⑤~⑧; Sプリ試料
- ⑨~⑪; 引張・衝撃試料

図 球状鑄鋼破損品の原因調査要領

表 φ 1340mm球状鑄鋼破損品の実体引張特性

試験位置	引張特性				
	降伏点 (N/mm ²)	抗張力 (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	
SC360	≥ 175	≥ 360	≥ 23	≥ 35	
標準供試材	248	481	30	53	
表層部 ⑨	I	343	461	23	43
	II	333	441	31	55
	III	314	431	27	46
	Ave	330	444	27	48
中心部 ⑩	I	294	392	7	10
	II	265	333	6	5
	III	265	382	10	10
	Ave	275	369	8	8
押湯下 ⑪	I	294	441	7	6
	II	314	480	7	8
	III	314	451	6	6
	Ave	307	457	7	7

焼なまし: 920°C X 28h
SR : 580°C X 10h

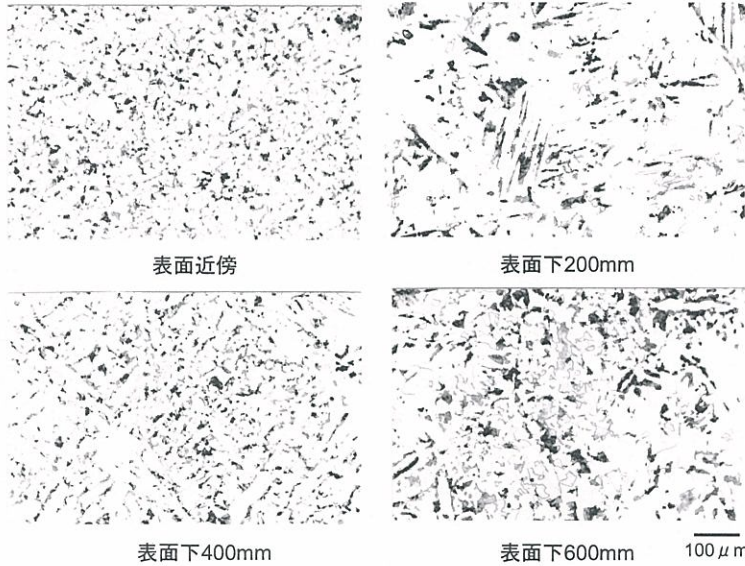


写真 φ 1340mm球体破損品のミクロ組織

表 φ 1340球状鑄鋼破損品の成分分析結果

分析位置	化学成分 (mass %)												
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	T・Al	S・Al	
鑄込み取鍋	0.19	0.41	0.62	0.008	0.008	0.10	0.08	0.08	0.03	0.004	0.065	0.061	
表面近傍 ①	I	0.20	0.42	0.62	0.009	0.009	0.09	0.08	0.09	0.03	0.006	0.069	0.063
	II	0.17	0.42	0.59	0.007	0.007	0.09	0.07	0.09	0.02	0.004	0.070	0.064
中心④	I	0.19	0.42	0.60	0.009	0.009	0.09	0.07	0.09	0.02	0.005	0.066	0.061
	II	0.19	0.41	0.60	0.008	0.008	0.09	0.08	0.08	0.02	0.005	0.068	0.062
押湯下⑧	0.28	0.45	0.66	0.010	0.008	0.10	0.08	0.10	0.03	0.007	0.062	0.056	

表 φ 1340mm球状鑄鋼破損品のAl及びガス成分量

分析位置	化学成分 (mass %)		ガス成分 (mass ppm)		T・Al X N X10 ⁻⁵	
	T・Al	S・Al	N	O		
鑄込み取鍋	0.065	0.061	72	63	47	
表面近傍 ①	I	0.069	0.063	86	27	59
	II	0.070	0.064	78	34	55
中心④	I	0.066	0.061	86	27	57
	II	0.068	0.062	81	21	55
押湯下⑧	0.062	0.056	121	36	75	

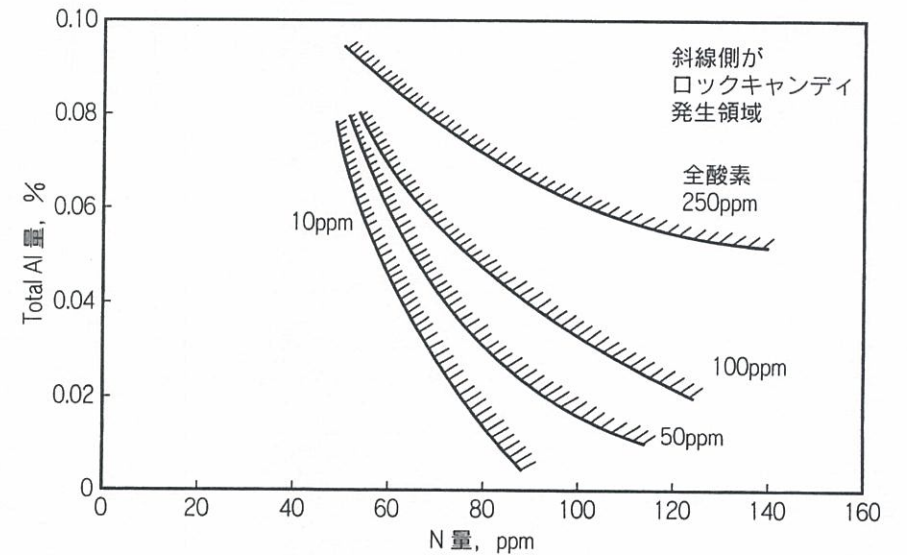


図7.9 ロックキャンディの発生領域と Al, N 含有量の関係

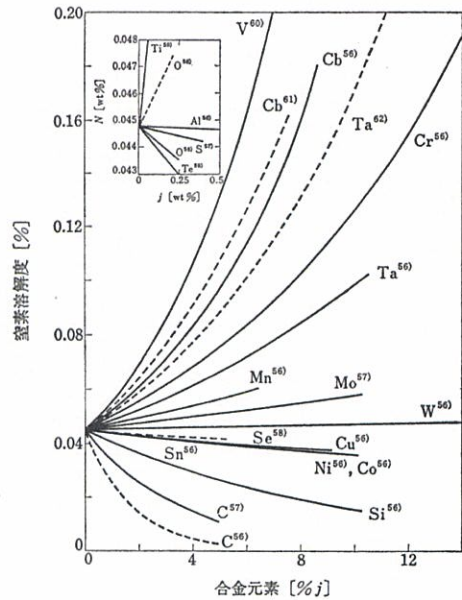


図 3-26 溶鉄の窒素溶解度に及ぼす第 3 元素の影響 (1600°C)

第3版「鉄鋼便覧 基礎1」日本鉄鋼協会 (1981)P158.

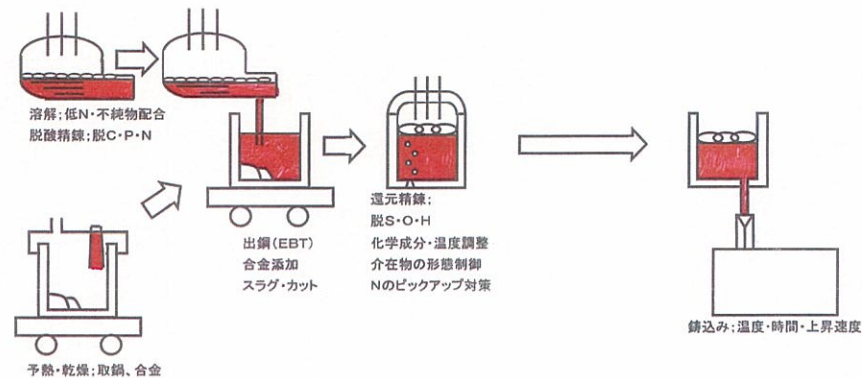


図 ステップ2の溶解～鋳込みプロセス

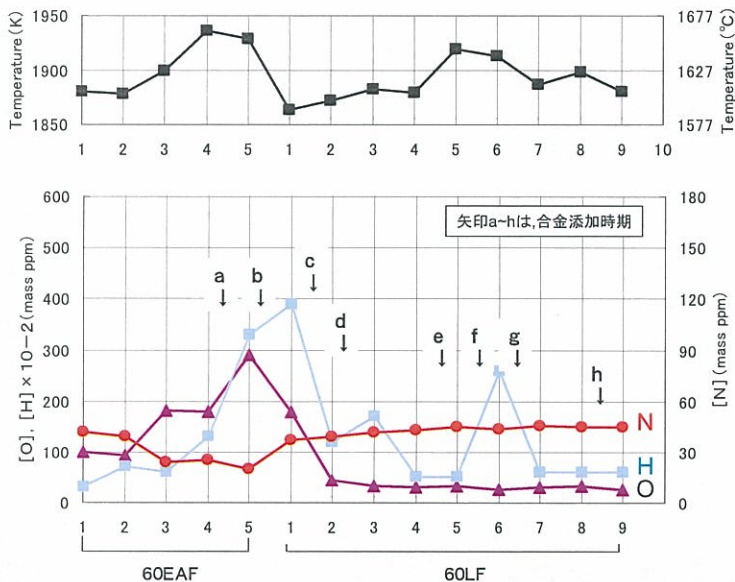


Fig.2 溶解・精錬工程におけるガス成分の変化(材質:SCPH22)

表 合金・造滓材の添加に及ぼすガス成分の増加量

添加時期	a	b	c	d	e	f	g	h
合金・造滓材	Si-Mn Fe-Mo Al	Fe-Cr Fe-Mn CaO	Fe-Si Fe-Mn CaO	Si-Mn Fe-Cr Fe-Mo CaO	Al CaF ₂	Al CaO	Fe-Ti CaF ₂	Ca-Si
添加量 (mass %)	0.49	3.00	1.38	0.55	0.01	0.19	0.13	0.10
ガス成分 増加量 (mass ppm)	[O]	107	-108	-134	-12	4	-7	4
	[N]	-5	17	2	3	2	-1	2
	[H]	2.0	0.6	-2.7	0.5	0.0	2.1	-2.0

表 合金乾燥時の吸N(窒化)

合金	購入の状態	乾燥	
		電気炉 1273K×1h	灯油炉 993K×1h
HcFeMn	271	886	356
LcFeMn	167	6970	6500
HcFeCr	1090	9650	6300
LcFeCr	408	366	504
LcFeMo	58	11800	13100
HALFeSi	1	7	1
LAlFeSi	1	1	1

29

ロックキャンディ脆化対策

- ①低N溶解、脱N } ;管理量;図7.9参考
- ③Al添加量低減 } 「鑄鋼の生産技術」素形材センター(1996)P382.
- ④凝固時間の短縮; 「鑄造品の実体強度」素形材センター(1989)P33.
- ⑤化学量論的に見合う量のZr, Ti, REを添加し、Nを介在物として固定・無害化;
例: 100mass ppmへの溶鋼にTi添加 ⇒ 介在物としてTiN形成

原子%比 Ti : N = 1 : 1
原子量比 Ti : N = 48 : 14 = 3.4 : 1

必要Ti量 $3.4Ti : 1N = \chi : 100\text{mass-ppm}$
 $\chi = 340\text{mass-ppm Ti} = 0.034\text{mass-}\% \text{ Ti}$

Fe-70Tiの添加量 = $0.034 \div 70/100 = 0.049\text{wt}\%$
1,000kgの溶鋼に対するFe-70Tiの添加量 = $1,000\text{kg} \times 0.049/100$
= 0.49kg
= 490g

30

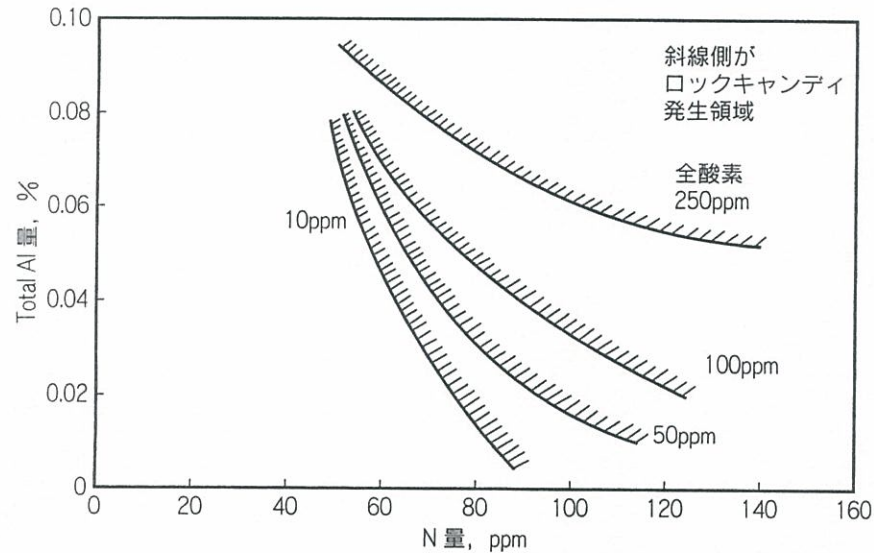


図7.9 ロックキャンディの発生領域とAl, N含有量の関係

「鑄鋼の生産技術」素形材センター(1996)P382. 31

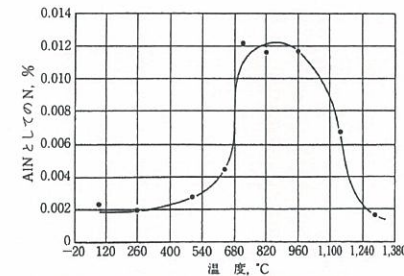


図2.40 AlNの析出におよぼす加熱温度の影響 (H. F. Beeghly)

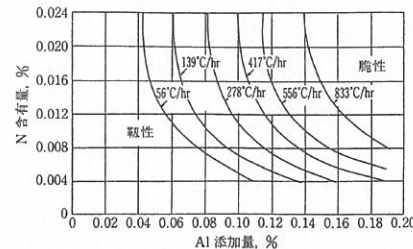


図2.41 ロックキャンディ破面発生領域と冷却速度との関係

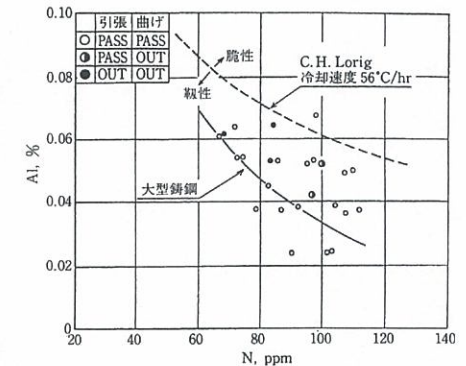
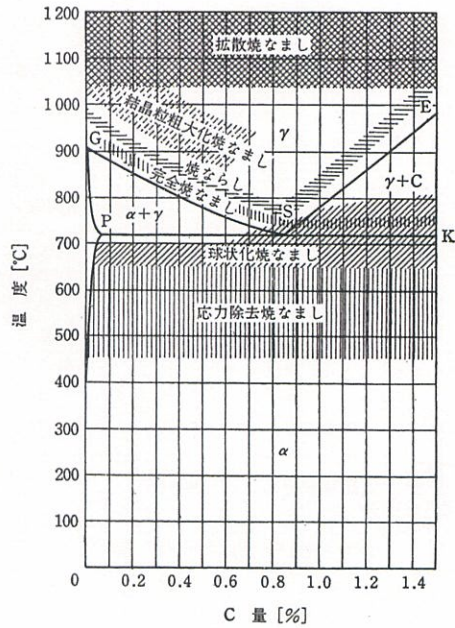


図2.42 AlおよびN含有量と材試結果との関係

「鑄造品の実体強度」素形材センター(1989)P33.

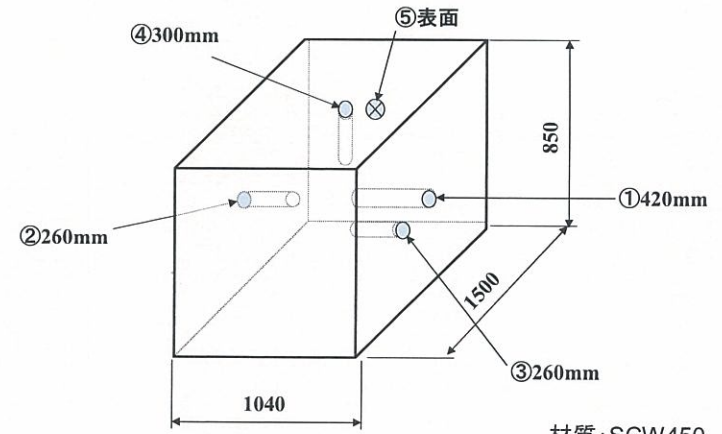
図 AlN生成及び回避条件

32



「鋼の熱処理 改5」日本鉄鋼協会 (1969)P33.

図 2-1 Fe-C 系状態図中における焼なましの温度範囲



材質: SCW450
Wt=10,350kg

図 大型供試材の熱処理昇温速度の測定位置

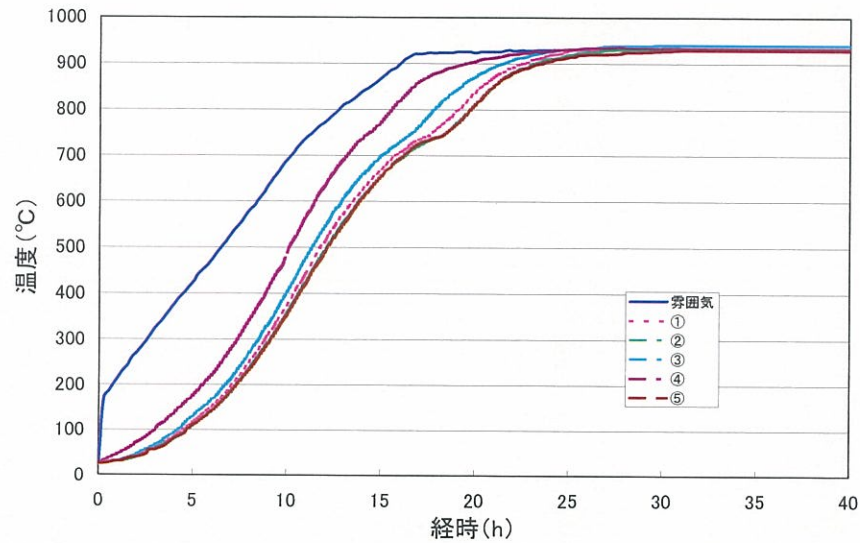


図 大型供試材の925°Cまでの昇温速度

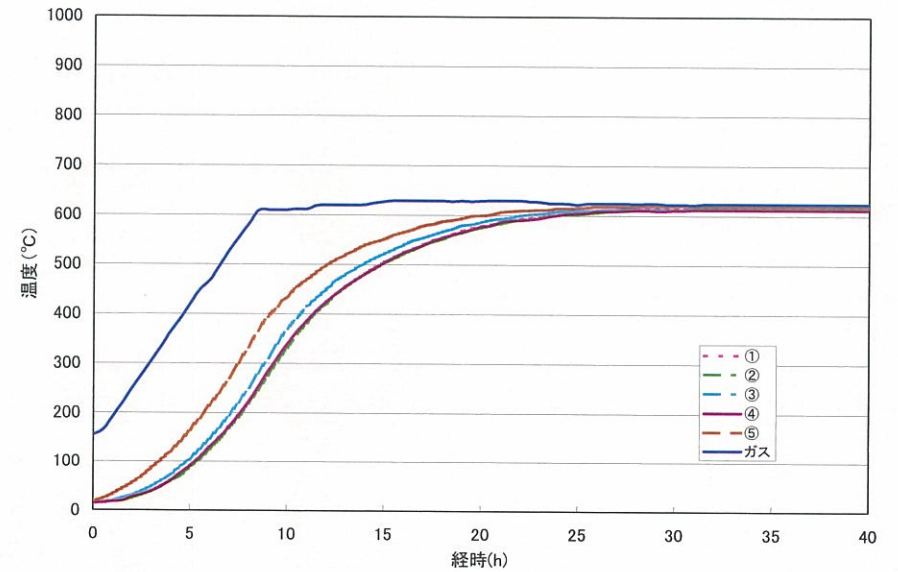


図 大型供試材の620°Cまでの昇温速度

γ化不良に伴う不具合;

- ① 鑄造組織残留による超音波の減衰が大きい。
- ② UT不具合により、再熱処理の発生する。
- ③ 正加工後にUT不合格が発覚すると、変形、表面酸化・脱炭等、再熱処理が困難なため廃却となり兼ねない。

対策;

- ① 材質毎のγ化温度を正確に把握する。
- ② 炉内雰囲気だけでなく、実体温度を計測・モニターする。

鑄鋼品の温度物性算出式

$$\text{液相線温度(°C)} = 1536.6 - 88C - 8Si - 5Mn - 30P - 25S - 4Ni - 5Cr - 2Mo - 18Ti - 2V^{1)}$$

$$\text{固相線温度(°C)} = 1536 - (415.5C + 12.3Si + 6.8Mn + 124.5P + 183.9S + 4.3Ni + 1.4Cr + 4.1Al)^{2)}$$

$$\text{AC}_3\text{点温度(°C)} = 910 - 203\text{Al} - \text{tC} + 44.7Si - 15.2Ni + 31.5Mo + 104V + 13.1W - (30Mn + 11Cr + 20Cu - 700P - 400Al - 120As - 400Ti)^{3)}$$

$$\text{AC}_1\text{点温度(°C)} = 723 - 29.1Si - 10.7Mn - 16.9Ni + 16.9Cr + 6.38W + 290As^{3)}$$

文献1) 森田ら「液相線、固相線の遷移する場合の凝固計算」鑄鋼の凝固、日本鉄鋼協会(1977)PP188-190

2) 宮下「鋼の液相線および固相線について」鑄鋼の凝固、日本鉄鋼協会(1977)付録13-15

3) 鉄鋼便覧IV、第3版、丸善(1981)P21

表1 供試材の化学組成 (mass%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	TAI
0.14	0.45	1.14	0.012	0.002	0.10	0.04	0.15	0.18	0.022	0.016

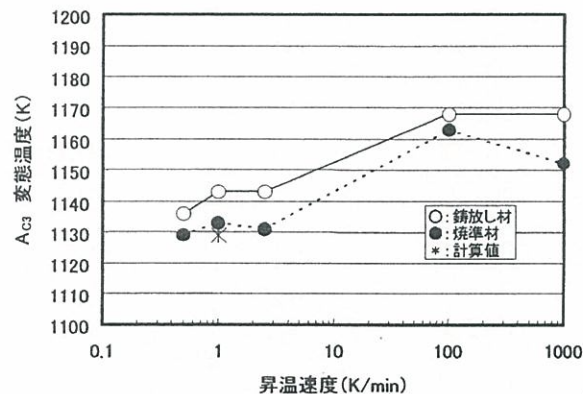


図2 昇温速度によるAc3点の変化

久幸、糸藤、李、田村; 日本鑄造工学会、

第145回全国講演大会概要集(2004)P29.

表 材質毎の鑄込み及び熱処理γ化温度

材質	鑄込み温度 °C ΔT=40-60°C (除、特殊SC)	凝固温度 °C			γ化温度 °C 小物 ΔT=30-50°C 大物 ΔT=50-100°C	鑄放しAc ₃ °C 計算値+20°C ⁶⁾
		液相線	固相線	幅		
SC360	1565±10	1515	1462	53	955±25	879
SC410	1560±10	1510	1438	72	945±25	867
SC450	1555±10	1507	1421	86	935±25	859
SC480	1555±10	1503	1406	97	925±25	844
SCW410	1565±10	1514	1461	53	950±25	874
SCW450	1560±10	1510	1440	70	935±25	859
SCW480	1560±10	1509	1437	72	930±25	856
SCW550	1560±10	1511	1464	47	940±25	864
SCW620	1560±10	1510	1460	50	935±25	862
SCMn1	1550±10	1502	1414	88	915±25	838
SCMn2	1545±10	1496	1385	111	900±25	824
SCMn3	1540±10	1492	1366	126	890±25	813
SCMnM3	1540±10	1492	1366	126	890±25	816
SCCrM1	1550±10	1501	1420	81	925±25	849
SCCrM3	1540±10	1493	1378	115	905±25	829
SCMnCr4	1540±10	1488	1355	133	880±25	806
SCMnCrM3	1540±10	1489	1365	124	885±25	812
SCNCrM2	1540±10	1489	1384	105	885±25	809
SCPH2	1550±10	1506	1420	86	920±25	844
SCPH23	1580±10	1509	1469	40	980±25	909
		(1509) ¹⁾	(1472) ¹⁾	37	980±25	(-)
SCPH32	1580±10	1503	1460	43	960±25	883
10%Cr鑄鋼	1580±10	1510 ²⁾	1425 ³⁾	85	1100±25	911 ⁴⁾
SCMnH11	1460±20	1400 ⁵⁾	1230 ⁵⁾	170	1050±25	-

参考資料1) 新庄、他; 日鋼室蘭、日本鑄造工学会第139回大会、広島(2001)P92.

2) 日本鑄物協会『鑄物便覧』改4(1986)P820.

3) 山田、桜井、竹之内; 日鋼室蘭、鉄と鋼、vol.73(1987)No.1, PP107-114.

4) 東、三木、田中、石黒; 日鋼室蘭、鉄と鋼、vol.86(2000)No.10, PP667-673.

5) 日立、H11物性値.

6) 久幸、糸藤、李、田村; 日本鑄造工学会、第145回全国大会(2004)P29.

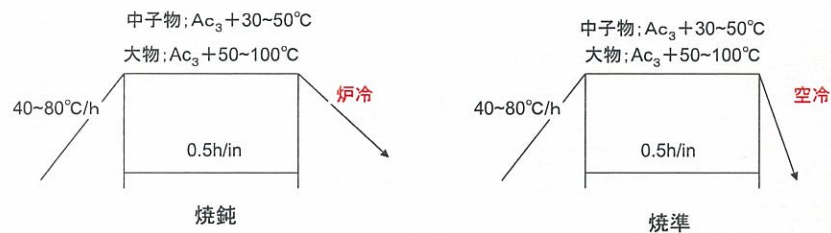
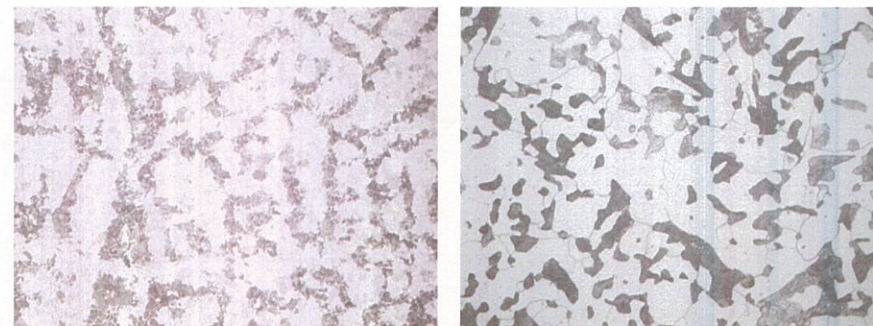


図 亜共析鋳鋼の熱処理



焼鈍材; $2vE_0 = 75\text{J}$

焼準材; $2vE_0 = 119\text{J}$ 100µm

写真 冷却速度の差がマイクロ組織及び機械的性質に与える影響

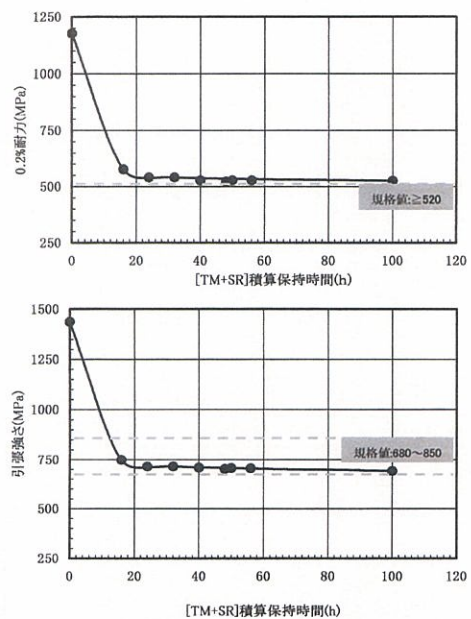


図 12mass%Cr鋳鋼の長時間(TM+SR)の機械的性質に及ぼす影響 43

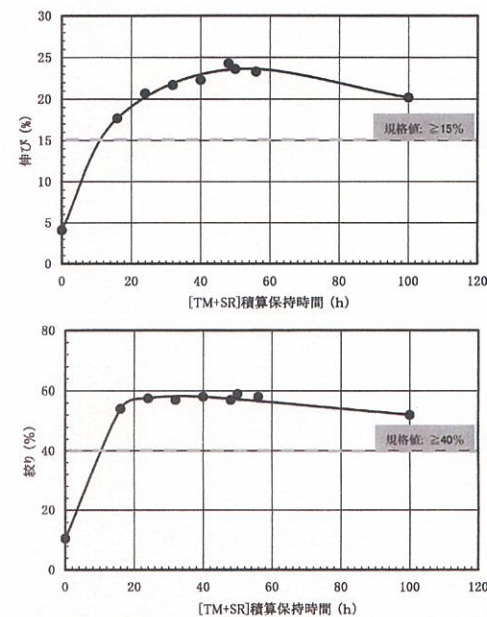


図 12mass%Cr鋳鋼の長時間(TM+SR)の機械的性質に及ぼす影響 44

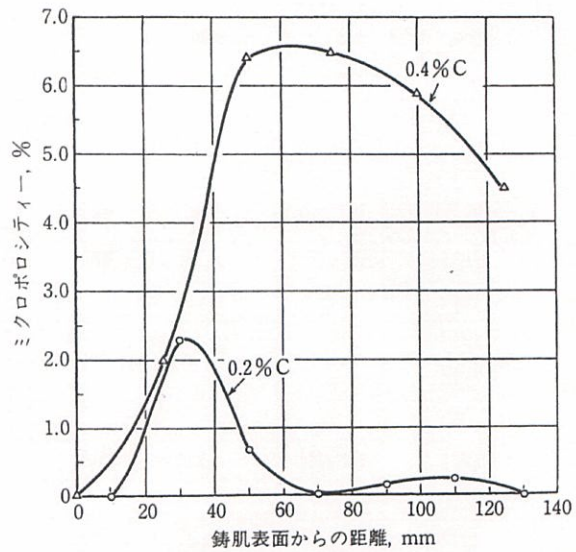
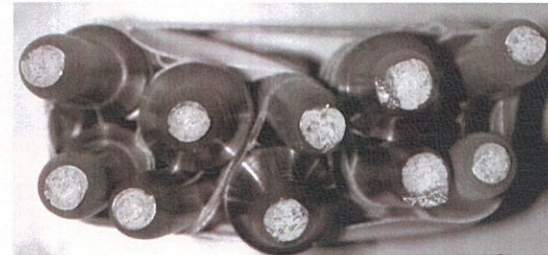


図2.35 ミクロポロシティの生成頻度

「鑄造品の実体強度」素形材センター(1989)P34.



焼準・焼戻し材



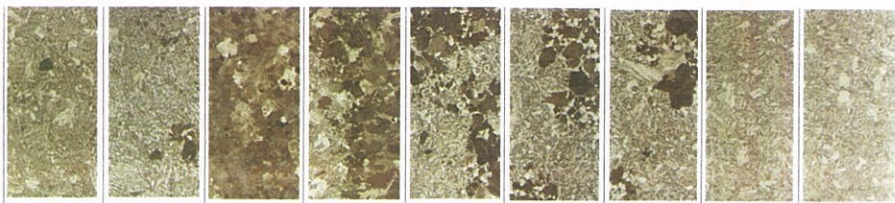
再焼準・焼戻し材

現象; 中央に欠陥を含む
擬へキ開破壊

原因; 鑄型からの吸H
対策; 鑄型のH源排除

再焼準・焼戻し
脱H処理では不十分

写真 H脆化破壊事例(材質;SCPH23)



A. ミクロ組織

100 μm

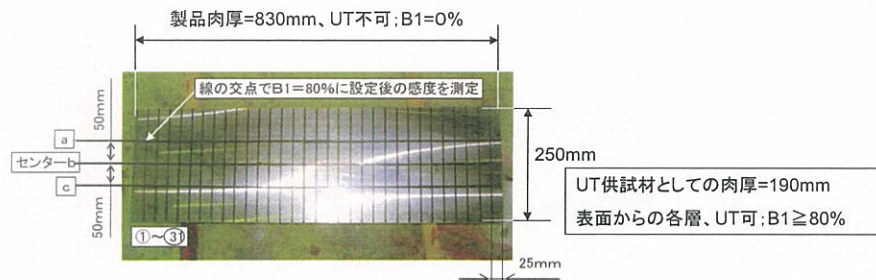
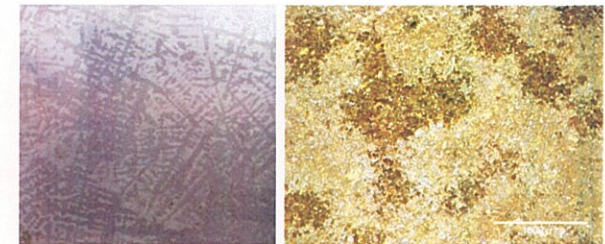
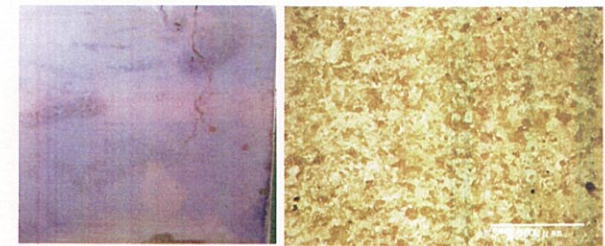


写真 SCMnCrM3厚肉材のUTエコー透過性



焼準 : 900°C
焼戻し; 600°C



焼準①: 1000°C
焼準②: 830°C
焼戻し : 600°C

細切れ材; 効果有
全厚材 ; 効果無

10mm

1mm

写真 熱処理による混合組織の単一化

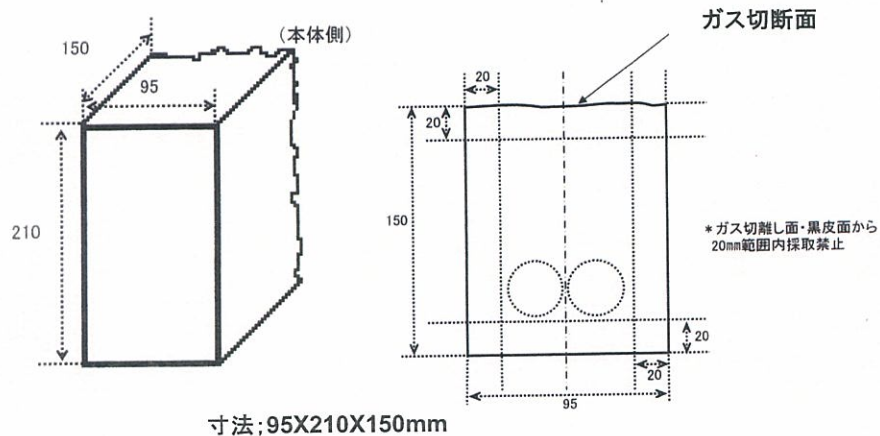


図 供試材の本体への取付け及び同材からの試験片採取要領



100 μm

写真 1%の炭素鋼の脱炭組織

「金属組織写真集、鉄鋼材料編」日本
金属学会(1979)P71.

表 95X210X150本体付け供試材の脱C層厚(本体RW;57,050kg)

分析位置		化学成分 (mass%) 材質:SCW450A														
チャージ番号	取巻種類	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	V	Al	Sn	CE	
	表面からの距離(mm)	0.18~	0.30~	0.95~	≤	≤	≤	≤	≤	≤	0.020~	—	0.030~	—	≤	
		0.22	0.40	1.05	0.015	0.003	0.20	0.15	0.15	0.10	0.040		0.050		0.043	
ch.693685	20T取巻	0.20	0.38	1.02	0.008	0.002	0.08	0.04	0.11	0.03	0.030	0.000	0.040	0.013	0.42	
	35T取巻	0.21	0.40	0.99	0.008	0.002	0.08	0.04	0.11	0.03	0.025	0.000	0.037	0.012	0.42	
ch.693684	65T取巻	0.20	0.39	1.05	0.010	0.002	0.07	0.06	0.16	0.08	0.036	0.000	0.036	0.005	0.44	
B	2(表面)	0.00	0.36	1.13	0.099	0.117	0.08	0.06	0.16	0.07	0.041	0.001	0.030	0.005	0.26	
	4	0.05	0.38	1.01	0.010	0.005	0.08	0.06	0.15	0.07	0.026	0.000	0.024	0.007	0.28	
	6	0.12	0.38	0.99	0.009	0.003	0.07	0.05	0.13	0.05	0.022	0.000	0.022	0.008	0.35	
	12	0.16	0.38	0.99	0.008	0.002	0.07	0.05	0.13	0.05	0.027	0.000	0.021	0.006	0.39	
	18	0.18	0.38	0.99	0.008	0.003	0.07	0.05	0.14	0.05	0.025	0.000	0.023	0.006	0.40	
	24	0.19	0.39	1.01	0.009	0.002	0.07	0.05	0.14	0.05	0.026	0.000	0.022	0.007	0.42	
	30	0.20	0.39	1.00	0.009	0.002	0.07	0.05	0.13	0.05	0.028	0.000	0.022	0.007	0.43	
	36	0.20	0.38	1.01	0.009	0.002	0.07	0.05	0.14	0.05	0.025	0.000	0.021	0.007	0.42	
	42	0.23	0.38	0.99	0.009	0.003	0.06	0.05	0.13	0.05	0.029	0.000	0.025	0.006	0.45	
	48(センター)		0.22	0.38	1.01	0.008	0.002	0.07	0.05	0.14	0.05	0.028	0.000	0.022	0.007	0.45
			0.22	0.38	1.00	0.008	0.002	0.07	0.05	0.14	0.05	0.024	0.000	0.022	0.007	0.44
	42	0.21	0.38	1.00	0.008	0.003	0.07	0.05	0.14	0.05	0.026	0.000	0.021	0.006	0.44	
	36	0.21	0.38	1.00	0.009	0.002	0.07	0.05	0.14	0.05	0.026	0.000	0.023	0.007	0.43	
	30	0.20	0.38	1.00	0.009	0.003	0.07	0.05	0.14	0.05	0.026	0.000	0.022	0.007	0.42	
	24	0.20	0.38	1.00	0.008	0.002	0.07	0.05	0.14	0.05	0.028	0.000	0.021	0.007	0.42	
	18	0.17	0.38	1.00	0.009	0.003	0.07	0.05	0.14	0.05	0.026	0.000	0.022	0.006	0.39	
	12	0.16	0.38	0.99	0.009	0.003	0.07	0.05	0.14	0.06	0.027	0.000	0.022	0.006	0.38	
	6	0.13	0.39	0.99	0.008	0.003	0.07	0.05	0.13	0.05	0.024	0.000	0.022	0.007	0.35	
	4	0.08	0.38	1.00	0.009	0.004	0.08	0.06	0.15	0.06	0.026	0.000	0.024	0.007	0.31	
	2(表面)	0.01	0.39	1.04	0.032	0.006	0.09	0.06	0.16	0.07	0.034	0.001	0.026	0.008	0.25	

熱処理:930±10°CX40h・FC、605±5°CX14h・FC

緑色 …表面負偏析、浸P、S層
水色 …供試材として使用可能なところ

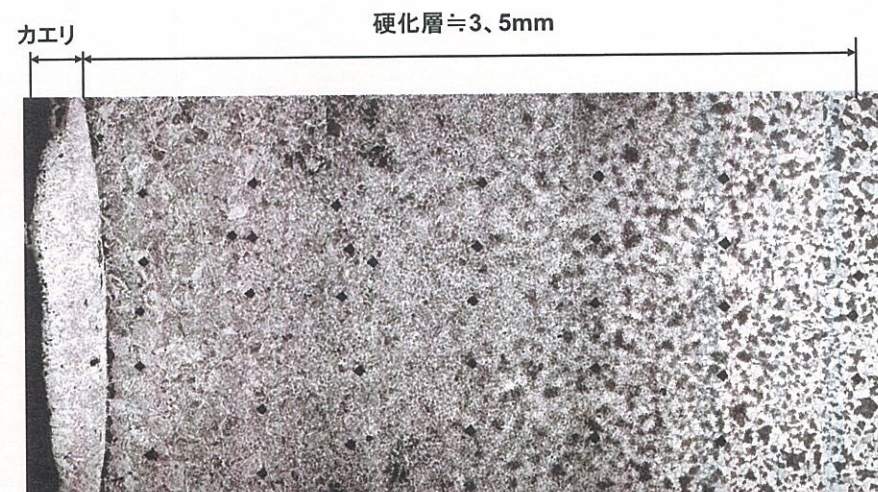


写真 本体付け供試材95X210X150mmのガス切断硬化層のマイクロ組織

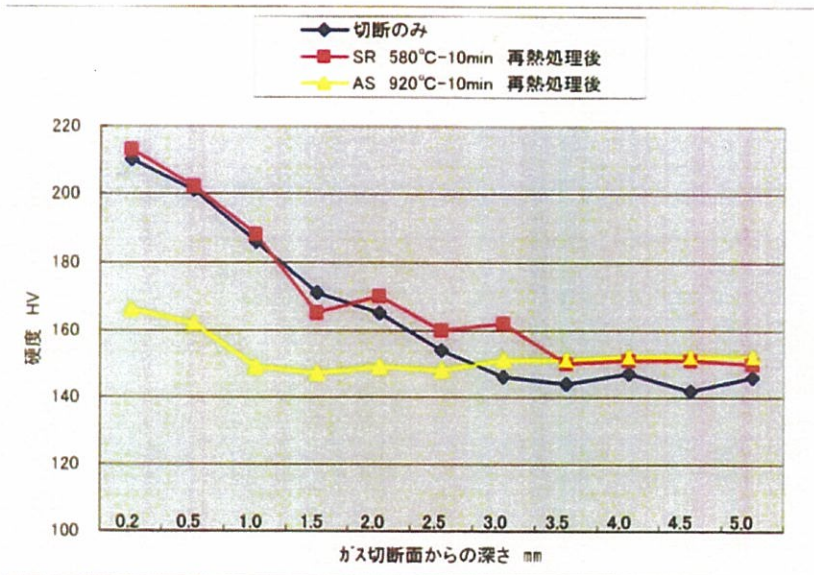


写真 本体付け供試材95X210X150mmのガス切断硬化層のHv硬度 53

ガス切断硬化層発生対策;

1. 焼鈍or焼準前にガス切断にて切れ目を入れておき、同処理後にGr除去が出来る様にしておく。
2. 項目1が不可の場合、硬化層の存在を考慮して試験片を採取する様に徹底する。

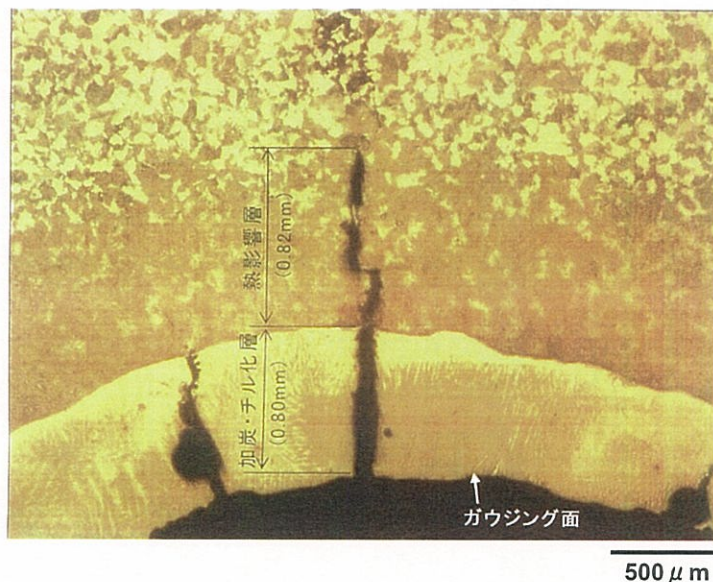


図 鋳鋼のガウジング部の断面マイクロ組織(硬化層の処置; Gr除去)

まとめ

材質不具合の真の原因を追求し適切な対策を打つには、以下の3点を実施する事が重要である。

1. 製造工程から異状を見出す。その為には、品質記録の存在が必要である。
2. 不具合そのものが何であるか、調査・特定する。次に、不具合側から要因となった製造工程から原因を見出す。
3. 上記のどちらか一方でなく、両方から進める。