



平成10年度 ものづくり人材支援基盤整備事業

－ 技能の客観化、マニュアル化等 －

銑鉄鋳物生産技術標準マニュアル

－ 溶解作業(キューポラ)－

平成11年 5 月

中小企業事業団

情報・技術部

はじめに

中小企業事業団では、中小企業庁が進める国の重要施策である、中小企業のための数々の施策を実施しています。

さて、中小企業事業団では、平成 10 年度「ものづくり人材支援基盤整備事業」において、技術・技能の客観化、マニュアル化等を行うことが、技術・技能の継承を図る上で重要と考え、それらを必要とする業界を対象に、「平成 10 年度ものづくり人材支援基盤整備事業－技術・技能の客観化、マニュアル化等－ 銑鉄鋳物生産技術標準マニュアル 溶解作業（キョウ） 」を作成いたしました。

最近の中小製造業の現場では、熟練技術者・技能者の高齢化が目立ち、退職後の製造現場の能力の維持等が問題となってきました。

これは、熟練技術者・技能者、その個人の持つ技術・技能を後継者に伝承することにより、解決されうるものでありますが、その伝承、継承には訓練が伴い、適切な指導を行える指導者と時間が必要であります。

そこで、業界団体を通じて各中小企業者に本件を有効に活用頂き、技術・技能を継承するべき若年層等の人材の確保・育成の一助になれば幸いに存じます。

なお、本書の作成にあたり、ご協力を頂きました関係者各位に厚く御礼申し上げます。

平成 11 年 5 月

中小企業事業団
情報・技術部
部長 野元 浩

鉄鉄鑄物生産技術標準マニュアル作成委員会

(敬称略・順不同)

委員長： 中 西 修 二 (高 周 波 鑄 造 株式会社)

委 員： 鹿 毛 秀 彦 (有限会社 日下レアメタル研究所)

鈴 木 清 貴 (東 芝 機 械 株式会社)

澤 田 正 治 (ア イ シ ン 高 丘 株式会社)

植 村 和 典 (株 式 会 社 ク ボ タ)

篠 木 政 司 (富士電機ファース 株式会社)

安 藤 勉 (社団法人 日本強靱鑄鉄協会)

大 江 憲 保 (")

柿 西 孝 具 (")

鉄鉄鑄物生産技術標準マニュアル

1.2 溶解作業 (キューボラ)

目 次

1. 工程の範囲(共通)	1
2. 目標中間品質	
2.1 ねずみ鑄鉄品(共通)	
2.1.1 化学成分(共通)	3
2.1.2 機械的性質(共通)	7
2.1.3 品質基準値(共通)	10
2.1.4 顕微鏡組織(共通)	11
2.2 ダクタイル鑄鉄品(共通)	
2.2.1 化学成分(共通)	18
2.2.2 機械的性質(共通)	22
2.2.3 品質基準値(共通)	27
2.2.4 顕微鏡組織(共通)	33
3. 原材料・副資材	
3.1 銑鉄(共通)	43
3.2 鋼クズ(共通)	46
3.3 銑クズ(故銑)(共通)	48
3.4 戻りクズ(自社発生品)(共通)	49
3.5 銑ダライ(共通)	50
3.6 フェロアロイ(共通)	51
3.7 コークス	55
3.8 造滓材	56
3.9 脱硫剤(共通)	57
3.10 接種剤(共通)	59
3.11 黒鉛球状化剤(共通)	62
4. 主要設備の能力及び寸法	
4.1 キューボラ本体	65
4.2 前炉	69
4.3 装入装置	70
4.4 取鍋	75
5. 築炉	
5.1 耐火レンガ	76
5.2 耐火モルタル	79
6. 製造条件	
6.1 材質別地金配合	80
6.2 材質別操業順序および投入間隔	82

7.	製造方法	
7.1	ベッドコークス高さ	83
7.2	送風量	84
7.3	キュボラ補修法	86
7.4	キュボラ点火及び乾燥法	90
7.5	ベッドコークス高さの調整法	91
7.6	キュボラ材料装入法	93
7.7	出銑作業	94
7.8	キュボラ初湯の処理法	96
7.9	炉前試験方法	97
7.10	配合切替え方法	101
7.11	バンキング操業	102
7.12	脱硫処理	104
7.13	黒鉛球状化処理法	107
7.14	接種処理法	113
7.15	操業終期および後始末作業	118
8.	使用試験計測器の能力及び精度	
8.1	温度計(共通)	120
8.2	送風測定および制御装置	123
8.3	ガス分析計	127
8.4	操炉責任者の具備条件	128
9.	製造作業の注意事項	
9.1	溶解作業上の注意事項	129
9.2	突発事故に対する処置方法	130
9.3	安全上の注意事項	131
9.4	出湯温度の低下	132
9.5	羽口の閉塞	133
9.6	棚吊り	134
9.7	出湯口からの噴出	135
9.8	出湯口のつまり	136
10.	作業環境	
10.1	公害防止と作業環境	137
11.	管理項目と管理方法	
11.1	管理項目と管理方法	141
12.	使用設備の日常点検	
12.1	計量機	142
12.2	送風機及び送風管	143
12.3	風量制御及び記録装置	144
12.4	炉頂ガス分析装置	145
12.5	溶湯温度測定装置	146
12.6	前炉	147
12.7	接種装置	148
12.8	取鍋	149

溶解作業(誘導炉/キューボラ)	工 程 の 範 囲	1.2-1
工 程 の 範 囲		1/2

1. 鋇鉄鋳物とは

鋇鉄鋳物とは、鋳物用鋇鉄、故鋇、鋼くず等を「キューボラ」や「誘導炉」等で溶解した溶湯を必要な形状、寸法をもった砂型や金型の空隙部に流し込んで、凝固・冷却させたものである。

鋳物の種類は、一般に多く使われている「ねずみ鋇鉄品」、引張り強度、耐摩耗性に優れた「ダクタイル鋇鉄品」、耐蝕性、耐熱性等に優れた「合金鋇鉄品」がある。

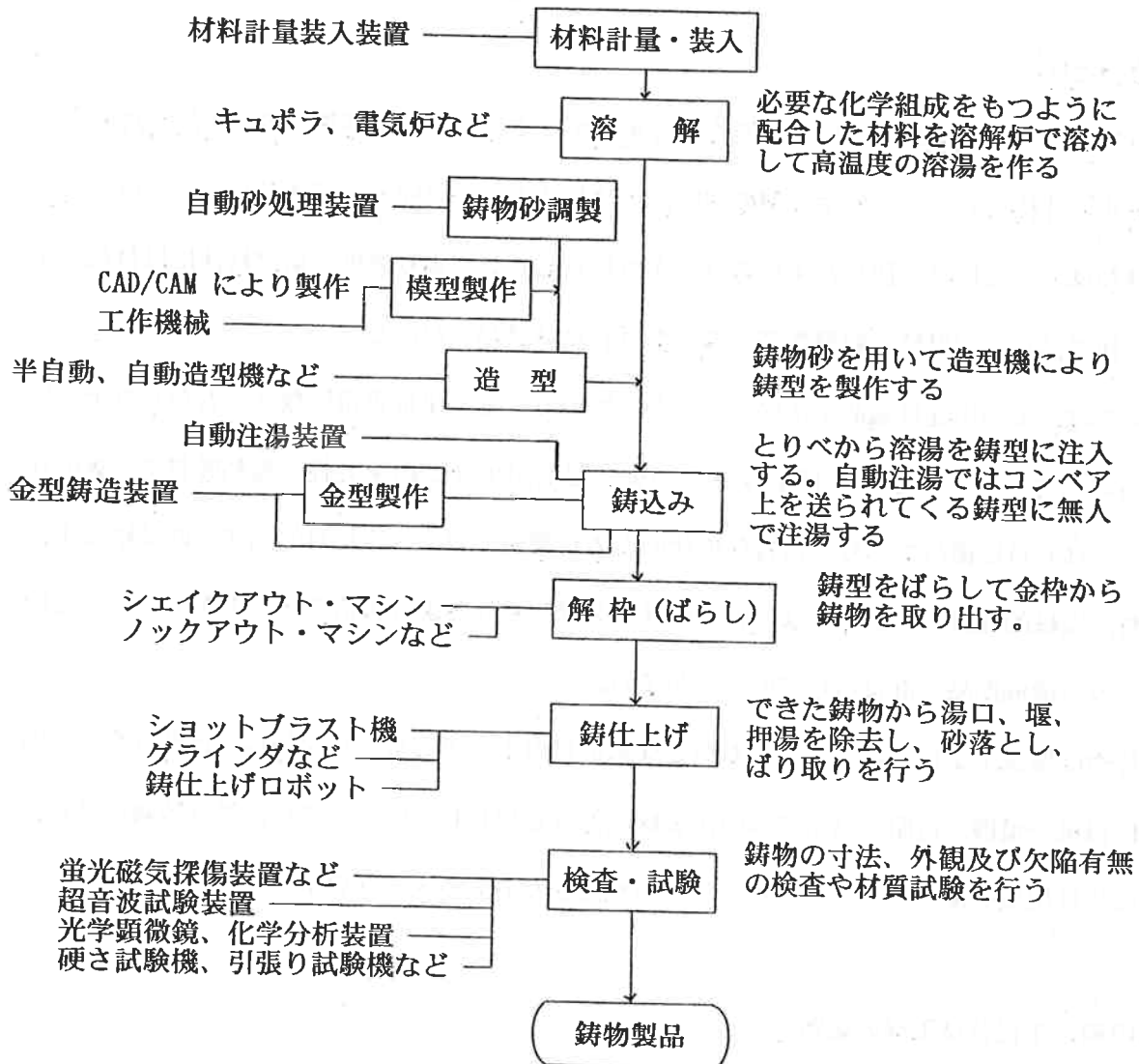
鋇鉄鋳物は、その用途は極めて広範囲にわたっており、その単位重量は数グラムから数十トンにおよぶものもあり、1個から大量生産のものまで製造ができ、耐摩耗性、振動吸収能や被削性(切削性ともいう)に優れており、複雑な形状のものが製造でき、さらに目的とする部品に要求される材質、機械的性質、寸法精度などの品質性能を満足させるよう製造することができる。このため機械等の構成部品素形材としての需要が多い。

鋇鉄鋳物は機械工業におけるもっとも重要な素形材の1つである。すなわち、自動車や産業機械、工作機械、電機、造船、精密機械の主要構成部分を形状している。また、鋇鉄鋳物の品質、性能の優劣は機械の優劣に大きく影響し、その性能を左右する大きな要素である。

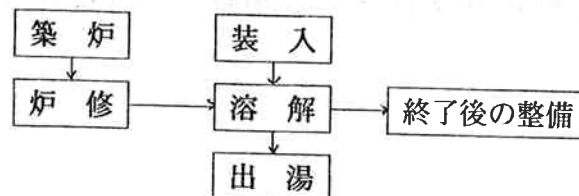
2. 鋳造の製造工程及び工程の範囲

鋳造とは「必要な形状と寸法をもった鋳型を、砂型または金型で作成し、これに必要な化学組成をもつ溶湯を所定の温度で注湯して、冷却後所定の温度でばらし、鋳物を取り出し、必要な鋳仕上げを施して、鋳物製品を製作する技術」である。

鋇鉄鋳物の製造工程図と溶解作業における工程に関連する事項を示す。



鋳鉄鑄物の製造工程図



溶解作業の工程

(出典：(財)中小企業情報化促進協会)
技術教育読本シリーズ 鋳鉄鑄物)

溶解作業（誘導炉/電炉） 目標中間品質 ねずみ鉄	化 学 成 分	1.2-2.1.1
		1/4

1. 適用範囲 ねずみ鉄溶解作業における本鉄の目標中間品質としての化学成分について規定する。

2. 標準化学成分

ねずみ鉄の化学成分の標準※を表 2.1.1-1 に示す。

※化学成分は主要肉厚 10 ～ 30mm のねずみ鉄、主要肉厚 25mm 程度のダクタイル鉄品を基準にする。したがってこれより薄肉あるいは厚肉の場合はこの範囲ではない。薄い場合は CE を高く、Mn, P などの炭化物促進元素を抑える。厚肉では凝固冷却速度が遅いので CE を低く必要に応じて Sn, Cu, Ni, Cr, Mo, Sbなどを添加する。

表 2.1.1-1 ねずみ鉄の標準化学成分（主要肉厚 10 ～ 30mm 対応）

種 類	C	Si	Mn	P	S	Sc	CE
FC100	3.6/4.0	1.5/2.4	0.5/0.7	<0.20	<0.10	1.0 <	4.3 <
FC150	3.5/3.8	1.8/2.4	0.5/0.7	<0.20	<0.10	0.95/1.1	3.95/4.40
FC200	3.3/3.6	1.7/2.3	0.5/0.7	<0.20	<0.10	0.92/1.00	3.96/4.26
FC250	3.2/3.5	1.6/2.2	0.5/0.7	<0.15	<0.10	0.88/0.96	3.83/4.12
FC300	3.0/3.3	1.5/2.0	0.6/0.8	<0.12	<0.12	0.82/0.90	3.60/3.90
FC350	2.9/3.2	1.4/1.8	0.6/0.8	<0.12	<0.12	0.78/0.85	3.44/3.77

注 1 Sc：炭素飽和度は次式による。 $Sc = C \% / (4.23 - Si \% / 3.2)$

注 2 CE：炭素当量は次式による。 $CE = C \% + 1 / 3 \cdot Si \%$

注 3 C 及び Si % は Sc または CE によって制限を加え表示の上限または下限に近い 2 つの値の組み合わせを避けること。

3. 炭素%及び硅素%の铸件肉厚による調整

主要肉厚が 10 ～ 30mm の範囲外にある場合は両成分を次のように調整する。

- ・ 薄い場合：両成分を表 2.1.1-1 の値より高くする。
- ・ 厚い場合：両成分を表 2.1.1-1 の値より低くする。

調整する場合、キューボラ溶解では操業の都合上、炭素の調整より硅素の調整量を大きくする。前炉や取鍋での加硅は十分出来る。誘導炉溶解では、加炭、加硅および鋼クズで両成分を自由に調整できる。

4. 燐%の調整

燐は耐摩耗性など特殊の要求がある場合、P-Fe-C の 3 元共晶（ステナイト）を得るために表 2.1.1-1 の限界を越えても良い。

5. 操業上の要点

5.1 キューボラ：炭素はコークスからの吸炭量、Si、Mn は酸化減耗量、P、S はコークスからの吸収量を予めデータとして知って原材料の配合などの操業条件を決定すること。

5.2 誘導炉：各管理元素の溶損%および加炭歩留り、加硅歩留り等を予め調べる事が大切である。

1.2-2.1.1 (2/4)

参考資料

E.Maurer、P.Holtzhausen (マウラー、ホルツハウゼン) の組織図が図 2.1.1-1 に示されている。
溶湯を 1,400 °C まで加熱し 1,200 °C で直径 75mm の乾燥砂型に铸込んだ基地組織が示されている。
図中「II のパーライト铸铁」の範囲が一般機械铸物に適合する。

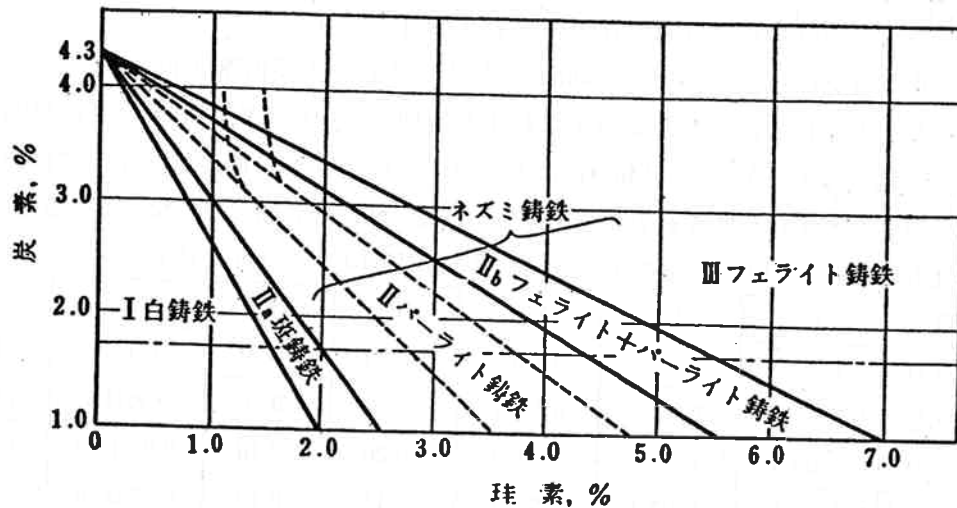


図 2.1.1-1 E.Maurer、P.Holtzhausen (マウラー、ホルツハウゼン) の組織図

K.Shipp (シップ) の組織図が図 2.1.1-2 に示されている。
肉厚 50mm 以下の铸物について、炭素飽和度 (S_c) と肉厚および基地組織との関係を示している。

$$S_c = C \% / (4.23 - Si \% / 3.2)$$

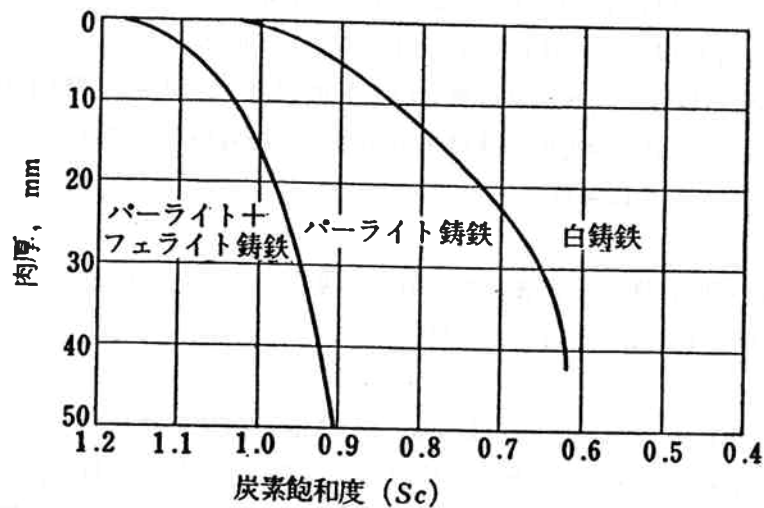
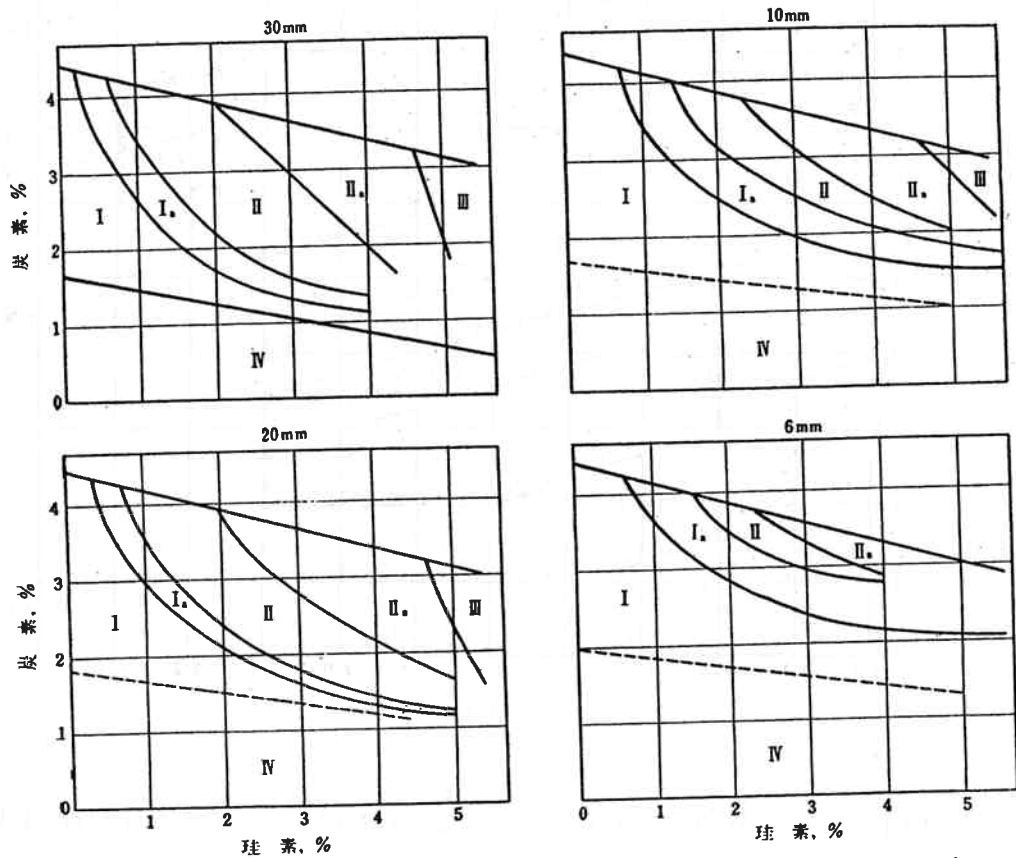


図 2.1.1-2 K.Shipp (シップ) の組織図

1.2-2.1.1 (3/4)

参考資料

H.Uhlitzsch と W.Weichelt (ウーリッツ、バイヘルト) の組織図が図 2.1.1-3 に示されている。生型で 6 ~ 30mm 肉厚铸件で、C %、Si % そして基体組織との関係が示されている。図中「II の領域 (パーライト組織)」が望ましい。黒鉛形状の説明が無いが肉厚何 mm のときに C %、Si % にすればよいかの指針が与えられる。



I 分野：白鑄鉄，Ia 分野：斑鑄鉄，II 分野：パーライト鑄鉄，IIa 分野：フェライト＋パーライト鑄鉄，III 分野：フェライト鑄鉄，IV 分野：鋼

図 2.1.1-3 H.Uhlitzsch と W.Weichelt (ウーリツヒ、バイヘルト) の組織図

1.2-2.1.1 (4/4)

参考資料

炭素飽和度 (Sc) によって制限された炭素、硅素両成分の適正範囲が図 2.1.1-4 に示されている。

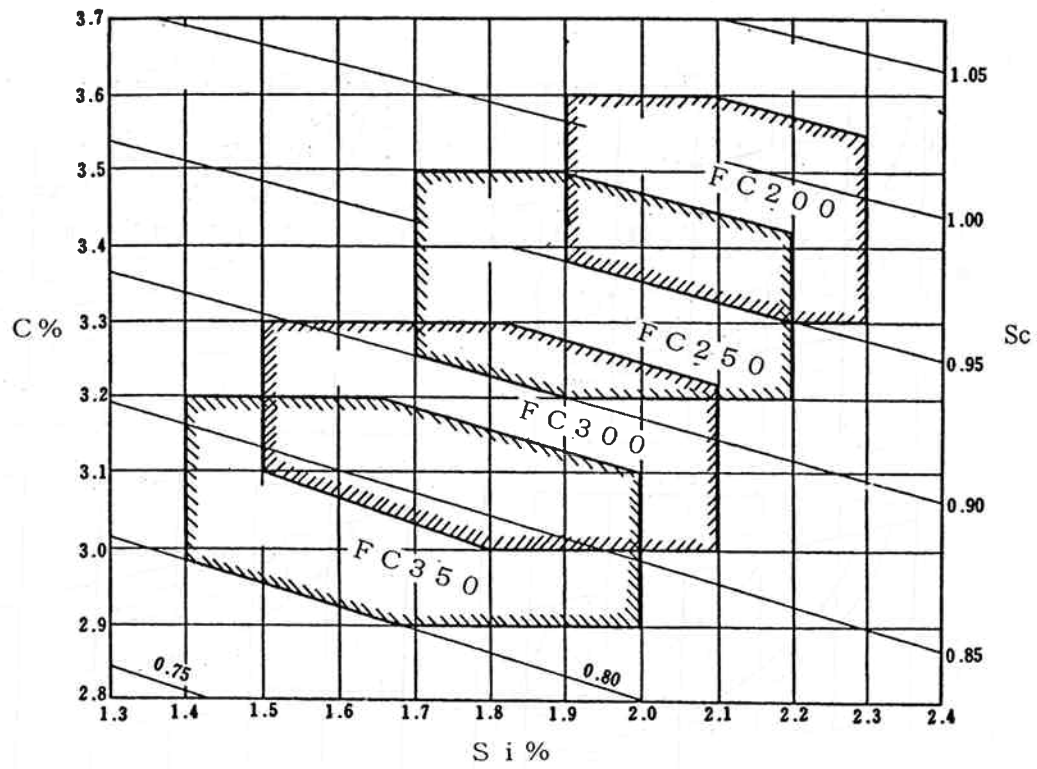


図 2.1.1-4 炭素飽和度 (Sc) によって制限された炭素、硅素両成分の適正範囲

溶解作業（誘導炉/坩堝） 目標中間品質 ねずみ鑄鉄	機械的性質	1.2-2.1.2
		1/3

- 適用範囲 ねずみ鑄鉄溶解作業の目標中間品質としての機械的性質について規定する。
- 品質評価のための機械的性質の種類
ねずみ鑄鉄の品質は機械的性質（引張り強さ、ブリネル硬さ）によって評価される。
- 機械的性質の適正值
JIS G5501-1995 に示される機械的性質を表 2.1.2-1 に示す。それぞれの供試材の形状寸法は JIS を参照、引張り試験片は JIS Z2201 の 8 号試験片である。

表 2.1.2-1 ねずみ鑄鉄の機械的性質（JIS G5501-1995）

種類の記号	別鑄込み供試材：30 φ 丸棒		本体付き供試材（参考）	
	引張強さ N/mm ²	硬さ HB	鑄鉄品の肉厚 mm	引張強さ N/mm ²
FC100	100 以上	201 以下	*	*
FC150	150 以上	212 以下	20 以上 40 未満	120 以上
			40 以上 80 未満	110 以上
			80 以上 150 未満	100 以上
			150 以上 300 未満	90 以上
FC200	200 以上	223 以下	20 以上 40 未満	170 以上
			40 以上 80 未満	150 以上
			80 以上 150 未満	140 以上
			150 以上 300 未満	130 以上
FC250	250 以上	241 以下	20 以上 40 未満	210 以上
			40 以上 80 未満	190 以上
			80 以上 150 未満	170 以上
			150 以上 300 未満	160 以上
FC300	300 以上	262 以下	20 以上 40 未満	250 以上
			40 以上 80 未満	220 以上
			80 以上 150 未満	210 以上
			150 以上 300 未満	190 以上
FC350	350 以上	277 以下	20 以上 40 未満	290 以上
			40 以上 80 未満	260 以上
			80 以上 150 未満	230 以上
			150 以上 300 未満	210 以上

1.2-2.1.2 (2/3)

参考資料

表 2.1.2-2 実体強度用供試材の機械的性質 (JIS G5501-1995 参考表 2)

種類の記号	鑄鉄品の肉厚 mm	引張強さ N/mm ²
FC100	2.5以上 10未満*	120以上
	10 以上 20未満	90以上
FC150	2.5以上 10未満*	155以上
	10 以上 20未満	130以上
	20 以上 40未満	110以上
	40 以上 80未満	95以上
	80 以上150未満	80以上
FC200	2.5以上 10未満*	205以上
	10 以上 20未満	180以上
	20 以上 40未満	155以上
	40 以上 80未満	130以上
	80 以上150未満	115以上
FC250	4.0以上 10未満*	250以上
	10 以上 20未満	225以上
	20 以上 40未満	195以上
	40 以上 80未満	170以上
	80 以上150未満	155以上
FC300	10 以上 20未満	270以上
	20 以上 40未満	240以上
	40 以上 80未満	210以上
	80 以上150未満	195以上
FC350	10 以上 20未満	315以上
	20 以上 40未満	280以上
	40 以上 80未満	250以上
	80 以上150未満	225以上

注* 試験片の形状・寸法は、受渡当事者間の協定による。

1.2-2.1.2 (3/3)

参考資料

1. 引張り強さ (σ_t) と炭素飽和度 (Sc) の関係

ねずみ鉄の引張り強さ (σ_t) は、炭素飽和度 (Sc) を用い次式で算出される。

基準引張強さ (σ_{tn}) よりも大でなければならない。

$$\sigma_{tn} \text{ (kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2 \text{ ※1)} = 100 - 80Sc \text{ ※2}$$

$$\sigma_t \text{ (供試材: 鑄放し、30 } \phi \text{ 丸棒)} > \sigma_{tn}$$

またこれらの比を成熟度 (RG) と呼び、これが 1 よりも大きくなければいけないとされている。

即ち「 $RG > 1$ 」をもって製造されたねずみ鉄の品質評価基準とする。

2. 抗折荷重 (W) と炭素飽和度 (Sc) の関係

ねずみ鉄の抗折荷重 (W) は、炭素飽和度 (Sc) を用い次式で算出される基準抗折荷重 (W_n) よりも大でなければならない。

$$W_n \text{ (kg} \cdot \text{f} \text{ ※3)} = 3280 - 2330Sc$$

$$W \text{ (試験片: 30 } \phi \text{ 丸棒、支点間距離: 450mm、直径補正済み ※4)} > W_n$$

3. ブリネル硬さ (HB) と炭素飽和度 (Sc) の関係

ねずみ鉄のブリネル硬さ (HB) は、炭素飽和度 (Sc) を用い次式で算出される基準ブリネル硬さ (HB_n) よりも小でなければならない。

$$HB_n = 513 - 338Sc, \quad HB \text{ (供試材: 鑄放し、30 } \phi \text{ 丸棒)} < HB_n$$

4. ブリネル硬さ (HB) と引張り強さ (σ_t) との関係

ねずみ鉄のブリネル硬さ (HB) は、引張り強さ (σ_t) を用い次式で算出される基準ブリネル硬さ (HB_n) よりも小でなければならない。

$$HB_n = 95 + 4.1 \sigma_t \text{ ※5}, \quad HB \text{ (供試材: 鑄放し、30 } \phi \text{ 丸棒)} < HB_n$$

即ち次式で算出される比較硬さ (RH) が 1 より小でなければならない。

$$RH = HB / HB_n = HB / (95 + 4.1 \sigma_t)$$

$$\text{※1: } 9.8 \times \text{kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2 = \text{N} / \text{mm}^2 = \text{MPa}$$

$$\text{※2: } Sc = C \% / (4.23 - Si \% / 3.2)$$

$$\text{※3: } 9.8 \times \text{kg} \cdot \text{f} = \text{N}$$

※4: 試験片が鑄放し品の場合その直径が 30 ϕ とは限らないので、次式により

実測抗折荷重 (W') を補正した値を抗折荷重 (W) とする。

$$W = W' (d / d')^2$$

d: 試験片の呼び直径 (30mm)、d': 試験片の実測直径 (mm)

※5: 引張り強さ (σ_t) の単位は $\text{kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2$

溶解作業（誘導炉/坩堝） 目標中間品質 ねずみ鑄鉄	品質基準値	1.2-2.1.3
		1/1

1. 適用範囲 ねずみ鑄鉄溶解作業において、目標とするねずみ鑄鉄に適合する目標中間品質を得る為の品質基準値について規定する。

2. 品質の表示法

ねずみ鑄鉄の品質は次式で示す成熟度と比較硬さの比で表示される。この値を品質指数（GZ）と称する。

$$GZ = RG / RH = (\sigma_t / 100 - 80Sc) / (HB / 513 - 338Sc)$$

$$= \sigma_t (513 - 338Sc) / \{HB / (100 - 80Sc)\}$$

3. ねずみ鑄鉄の品質基準値

ねずみ鑄鉄の品質は「品質指数（GZ） ≥ 1.1 」が望ましい。

溶解作業（誘導炉/キルラ） 目標中間品質 ねずみ鑄鉄	顕微鏡組織	1.2-2.1.4
		1/5

1. 適用範囲 ねずみ鑄鉄溶解作業において目標とする本鑄鉄を得る為に必要な目標中間品質としての顕微鏡組織について規定する。
2. 黒鉛組織 ねずみ鑄鉄の黒鉛形態は ASTM 規格 No.247-47 で定めたA型が望ましい。
3. 基地組織 ねずみ鑄鉄の基地組織は一般的に全パーライト相で、初晶セメントタイト（チル）および各種炭化物を含まない物である。

	顕微鏡写真	スケッチ	特 徴
A 型			均一分布、無方向配列
B 型			バラ状・無方向配列

図 2.1.4-1 (1/2) ねずみ鑄鉄の代表的な黒鉛の形態 (x 100)

出典：AFS-ASTM によるねずみ鑄鉄中の黒鉛の分類図集

次ページに続く

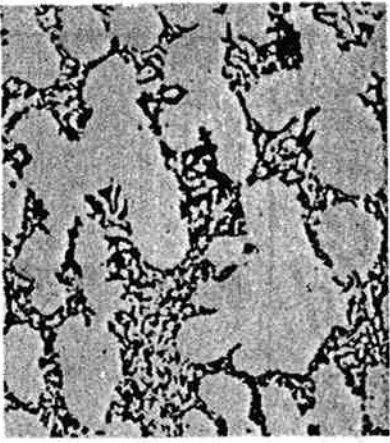
	顕微鏡写真	スケッチ	特 徴
C 型			粗大黒鉛・無方向配列
D 型			樹枝状偏析・無方向配列
E 型			樹枝状偏析・方向性

図 2.1.4-1 (2/2) ねずみ鉄の代表的な黒鉛形態 (x 100)

出典：AFS-ASTM によるねずみ鉄中の黒鉛の分類図集

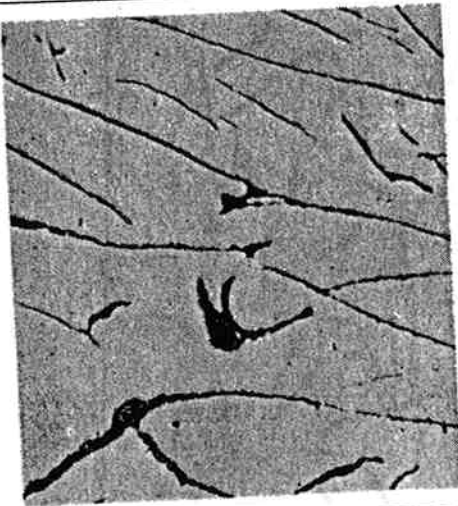
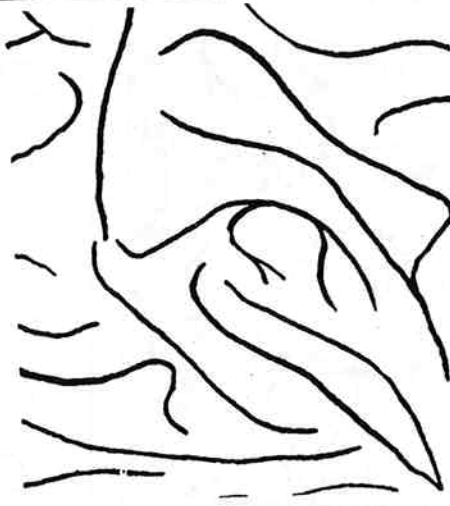
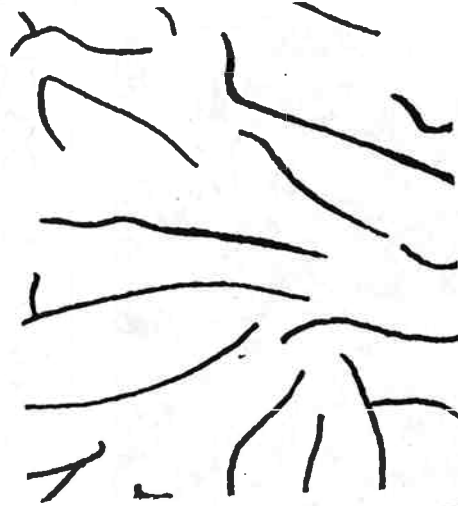
	顕微鏡写真 (x 100、腐食無し)	スケッチ	長さ(mm)
No.1			101.6 $\leq$
No.2			101.6/50.8
No.3			50.8/25.4

図 2.1.4-2 (1/3) ねずみ鋳鉄に存在する黒鉛片の大きさ

出典：AFS-ASTM によるねずみ鋳鉄中の黒鉛の分類図集

次ページに続く

1.2-2.1.4 (4/5)

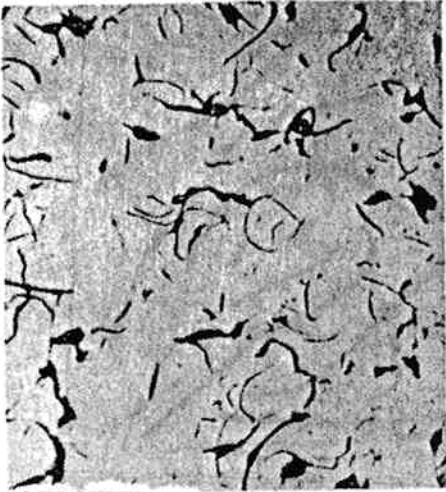
	顕微鏡写真 (x 100、腐食無し)	スケッチ	長さ(mm)
No.4			25.4/12.7
No.5			12.7/6.3
No.6			6.3/3.2

図 2.1.4-2 (2/3) ねずみ鑄鉄に存在する黒鉛片の大きさ

出典：AFS-ASTM によるねずみ鑄鉄中の黒鉛の分類図集

次ページに続く

1.2-2.1.4 (5/5)

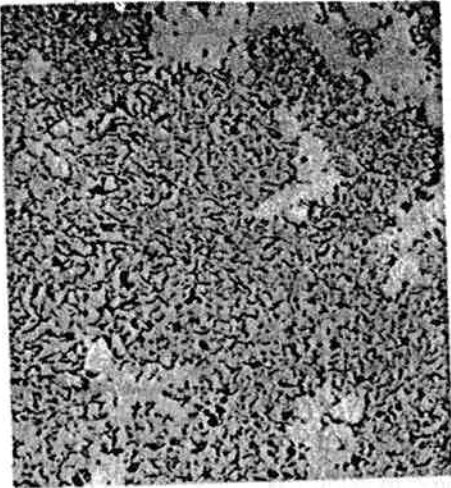
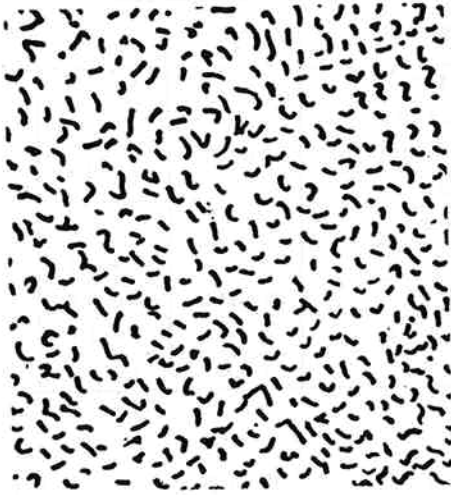
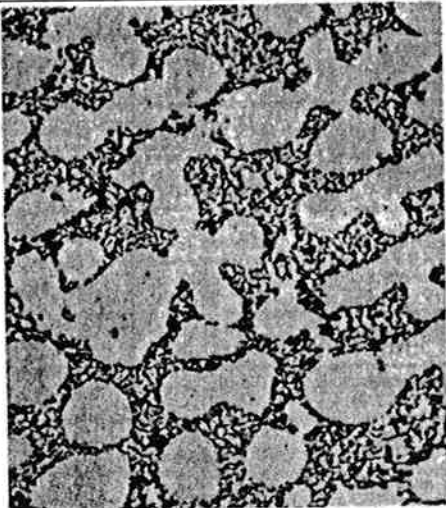
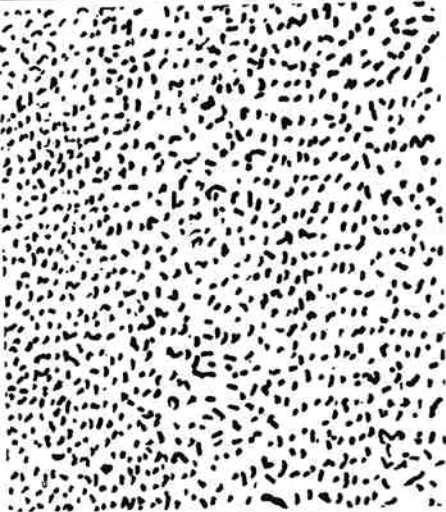
	顕微鏡写真 (x 100、腐食無し)	スケッチ	長さ(mm)
No.7			3.2/1.6
No.8			≤ 1.6

図 2.1.4-2 (3/3) ねずみ鑄鉄に存在する黒鉛片の大きさ
出典：AFS-ASTM によるねずみ鑄鉄中の黒鉛の分類図集

参考資料 《 ねずみ鉄 <付録1/2> 》

JIS G5510 オーステナイト鉄製品片状黒鉛系の化学成分、機械的物性的性質及び用途を以下に示す。

付表1. 片状黒鉛系オーステナイト鉄製品の化学成分 (JIS G5510-1987)

種類の記号	片状黒鉛系の化学成分 %					
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu
FCA-NiMn 13 7	3.0 以下	1.5~3.0	6.0~7.0	12.0~14.0	0.2 以下	0.5 以下
FCA-NiCuCr 15 6 2		1.0~2.8	0.5~1.5	13.5~17.5	1.0~2.5	5.5~7.5
FCA-NiCuCr 15 6 3					2.5~3.5	
FCA-NiCr 20 2				18.0~22.0	1.0~2.5	0.5 以下
FCA-NiCr 20 3					2.5~3.5	
FCA-NiSiCr 20 5 3	2.5 以下	4.5~5.5			1.5~4.5	
FCA-NiCr 30 3		1.0~2.0		28.0~32.0	2.5~3.5	
FCA-NiSiCr 30 5 5		5.0~6.0		29.0~32.0	4.5~5.5	
FCA-Ni 35	2.4 以下	1.0~2.0		34.0~36.0	0.2 以下	

付表2. 片状黒鉛系オーステナイト鉄製品の機械的性質
※引張強さだけが規格化されている。その他は参考値 (JIS G5510-1987)

種類の記号	引張強さ N/mm ² (kgf/mm ²)	伸 び %	圧縮強さ N/mm ² (kgf/mm ²)	縦弾性係数 GN/m ² (kgf/mm ² ・10 ³)	硬 さ HB
FCA-NiMn 13 7	140~220 (14.3~22.4)	—	630~840 (64.2~85.7)	70~90 (7.1~9.2)	120~150
FCA-NiCuCr 15 6 2	170~210 (17.3~21.4)	2	700~840 (71.4~85.7)	85~105 (8.7~10.7)	140~200
FCA-NiCuCr 15 6 3	190~240 (19.4~24.5)	1~2	860~1100 (87.7~112.2)	98~113 (10.0~11.5)	150~250
FCA-NiCr 20 2	170~210 (17.3~21.4)	2~3	700~840 (71.4~85.7)	85~105 (8.7~10.7)	120~215
FCA-NiCr 20 3	190~240 (19.4~24.5)	1~2	860~1100 (87.7~112.2)	98~113 (10.0~11.5)	160~250
FCA-NiSiCr 20 5 3	190~280 (19.4~28.6)	2~3	860~1100 (87.7~112.2)	110 (11.2)	140~250
FCA-NiCr 30 3	190~240 (19.4~24.5)	1~3	700~910 (71.4~92.8)	98~113 (10.0~11.5)	120~215
FCA-NiSiCr 30 5 5	170~240 (17.3~24.5)	—	560 (57.1)	105 (10.7)	150~210
FCA-Ni 35	120~180 (12.2~18.4)	1~3	560~700 (57.1~71.4)	74 (7.5)	120~140

付表3. 片状黒鉛系オーステナイト鉄製品の物理的性質 (JIS G5510-1987 (参考))

種類の記号	密 度 Mg/m ³	線膨張係数 (293~473K) m/(m・K) ×10 ⁻⁶	熱伝導率 W/(m・K)	電気比抵抗 Ω・mm ² /m	透 磁 率 μ (H=8 kA/m での値)	比 熱 J/(g・K)
FCA-NiMn 13 7	7.4	17.7	37.7~41.9	1.2	1.02	0.46~0.50
FCA-NiCuCr 15 6 2	7.3	18.7	37.7~41.9	1.6	1.03	0.46~0.50
FCA-NiCuCr 15 6 3	7.3	18.7	37.7~41.9	1.1	1.05	0.46~0.50
FCA-NiCr 20 2	7.3	18.7	37.7~41.9	1.4	1.04	0.46~0.50
FCA-NiCr 20 3	7.4	18.7	37.7~41.9	1.2	1.04	0.46~0.50
FCA-NiSiCr 20 5 3	7.4	18.0	37.7~41.9	1.6	1.10	0.46~0.50
FCA-NiCr 30 3	7.4	12.4	37.7~41.9	—	—	0.46~0.50
FCA-NiSiCr 30 5 5	7.4	14.6	37.7~41.9	1.6	2 以 上	0.46~0.50
FCA-Ni 35	7.6	5.0	37.7~41.9	—	—	0.46~0.50

付表 4. 片状黒鉛系オーステナイト鉄品の性質及び用途例 (JIS G5510-1987)

種類の記号	性 質	用 途 例
FCA-NiMn 13 7	非 磁 性	非磁性鉄物例：タービン発電機用圧力カバー、遮断器箱、絶縁フランジ、ターミナル、ダクト
FCA-NiCuCr 15 6 2	耐腐食性：特にアルカリ、弱酸、海水及び塩溶液に良好。 耐 熱 性：かなり良好。 軸受性能：良好。 熱膨張係数：高い。 低 Cr の場合は非磁性。	ポンプ、バルブ、炉部品、プッシング、軽合金ピストン用耐摩管、 海水用ポンプ、ポンプ用ケーシング非磁性鉄物
FCA-NiCuCr 15 6 3	耐腐食性、耐侵食性：FCA-NiCuCr 15 6 2 より良好。	ポンプ、バルブ、炉部品、プッシング、軽合金ピストン用耐摩管
FCA-NiCr 20 2	FCA-NiCuCr 15 6 2 と同等。 ただし、 アルカリ耐腐食性：より良好。 耐 熱 性：良好。 軸受性能：良好。 熱膨張率：高い。 低 Cr の場合は非磁性。	FCA-NiCuCr 15 6 2 と同等。ただし、アルカリ処理ポンプ、水酸化ナトリウムボイラに適合、石けん、食品製造、人絹及びプラスチック工業に使用され、一般に銅を含まない材料が要求される場所に適する。
FCA-NiCr 20 3	FCA-NiCr 20 2 と同等。ただし、耐侵食性、耐熱性及び耐成長性がより良好。	FCA-NiCr 20 2 と同等。ただし、高温で使用する場合に好ましい。
FCA-NiSiCr 20 5 3	耐腐食性：良好、弱硫酸にも良好、FCA-NiCr 20 2、FCA-NiCr 20 3 より耐熱性良好。ただし、この種類は 500～600℃ の温度範囲では適さない。	ポンプ部品、工業炉用バルブ鉄物
FCA-NiCr 30 3	800℃ までの耐熱性及び耐衝撃性に良好、特に湿蒸気及び塩スラリーに対する耐侵食性良好。線膨張係数は中程度。	ポンプ、圧力容器のバルブ、フィルター部品、エキゾーストマニホールド、ターボチャージャーハウジング
FCA-NiSiCr 30 5 5	耐腐食性、耐侵食性及び耐熱性は特に良好、線膨張係数は中程度。	ポンプ部品、工業炉用バルブ鉄物
FCA-Ni 35	耐熱衝撃性で熱膨張係数が低い。	熱的な寸法変動を嫌う部品 (例えば、工作機械、理科学機器、ガラス用金型など。)

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 目標中間品質 ダクタイル鋳鉄	化 学 成 分	1.2-2.2.1
		1/4

1. 適用範囲 ダクタイル鋳鉄製造における溶解作業の品質目標としての化学成分について規定する。
JIS G5502-1995 の球状黒鉛鋳鉄品に記された種類に限定し、JIS G5503-1995 のオーステンパー球状黒鉛鋳鉄（FCAD シリーズ）、JIS G5504-1992 の低温用厚肉フェライト球状黒鉛鋳鉄及び JIS G5510-1987 のオーステナイト球状黒鉛鋳鉄（FCDA シリーズ）については適用範囲外とする。

2. 標準化学成分

ダクタイル鋳鉄の化学成分（鋳放し 25mm 肉厚 Y ブロック対応）の標準を表に示す。
製品は表 2.2.1-1 の値を参考と考え自社で最適な範囲を決定しなければならない。

表 2.2.1-1 ダクタイル鋳鉄の化学成分標準値（JIS G5502、鋳放し 25mm 肉厚 Y ブロック対応）

種 類	C※1	Si※2	Mn	P	S※3	Mg※4	備 考
F C D 3 5 0	3.6/4.0	2.6/3.0	<0.3	<0.03	<0.02	>0.03	
F C D 4 0 0	3.5/3.9	2.5/2.9	0.3/0.5	<0.05	<0.02	>0.03	
F C D 4 5 0	3.5/3.9	2.4/2.8	0.3/0.5	<0.05	<0.02	>0.03	
F C D 5 0 0	3.5/3.9	2.4/2.8	0.4/0.6	<0.05	<0.02	>0.03	
F C D 6 0 0	3.5/3.8	2.3/2.7	0.5/0.7	<0.05	<0.02	>0.03	Cu, Ni, Cr, Mo などの元素が 添加される。
F C D 7 0 0	3.5/3.8	2.3/2.7	0.6/0.8	<0.05	<0.02	>0.03	
F C D 8 0 0	3.4/3.7	2.2/2.6	0.7/0.9	<0.05	<0.02	>0.03	

- ※1 元湯調整時の C % の値を示している。分析は必ず白銑化試料で行うこと。黒鉛が出ている場合は正確な分析値が得られない。球状化处理、接種処理後はの溶湯の殆どは過共晶組成（CE > 4.3%）となり、分析試料に初晶黒鉛が出るのでその分析値は参考値でしかない。
- ※2 最終 Si % を示す。元湯の値は溶湯処理による Si % 増加分を差し引いた値とする。
- ※3 球状化处理後の S %。元湯は 0.01 ～ 0.03% が望ましい。「無脱硫球状化处理」場合は除く。
- ※4 表示の値は 25mm 肉厚品での標準残留 Mg % である。薄肉小物品ではこれより低くても球状黒鉛が得られ、厚肉大物品ではこの値でも球状化不良が生じる場合がある。

Si%、Mn%、P% の増加に伴い衝撃遷移温度が上がり、衝撃値が低下する。寒冷地仕様ではこれらを出来るだけ低く抑える。低 Si% はチル化傾向を増大させ、薄肉部に炭化物を生成させる原因となる。

3. 熱処理品 熱処理品はこの限りではない。ダクタイル鋳鉄（黒鉛球状化率 $\geq 80\%$ ）であれば、機械的性質は基地の特性による。鋳放しでパーライト相の多い物でも熱処理によりフェライトの多い相に換えられる（焼鈍）。また逆も可能である（焼準）。すなわち基地組織と化学組成との関係は鋳放し品でのみ成立する。

4. Mn, P の値

炉前でこれらの値を下げるのは難しいので伸び及び靱性を要求される場合は原材料を吟味して使用しなければならない。

1.2-2.2.1 (2/4)

参考資料 (出典: AFS trans., vol.88, 1980)

C、Si %と (Mn:0.01%,Mg:0.046 ~ 0.052%,処理後 S:0.007 ~ 0.014 %) 肉厚を変化させた試料を用いて健全な材質を得るためのC、Si、モリブデン (M) と基地組織の関係が下図に示されている。 (M:モリブデン, 1" =25.4mm, WITH CARBIDE:炭化物在り, CARBIDE FREE:炭化物無し、FERRITE-PERCENT: フェライト%)

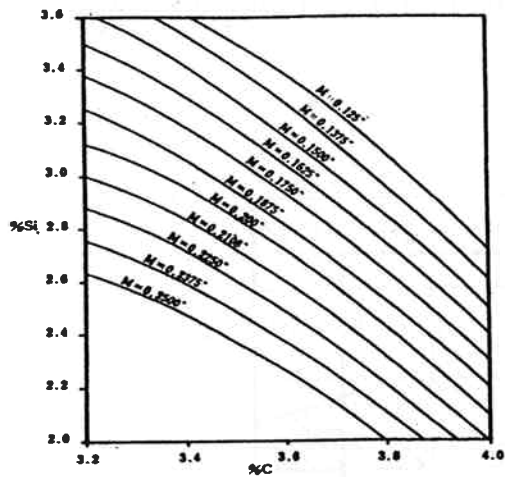


図 2.2.1-1 モリブデン(M)と推奨されるC、Si %との関係

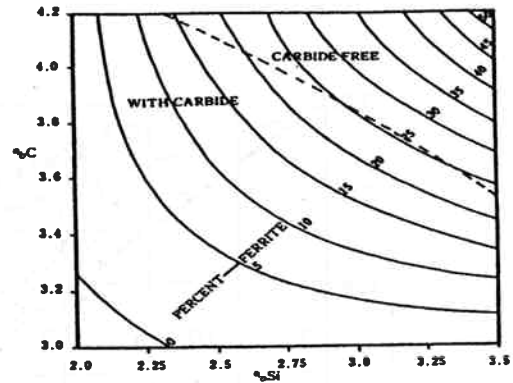


図 2.2.1-2 モリブデン(M)= 0.125"時の C,Si%とフェライト量 (実線) とチルの有無 (破線)

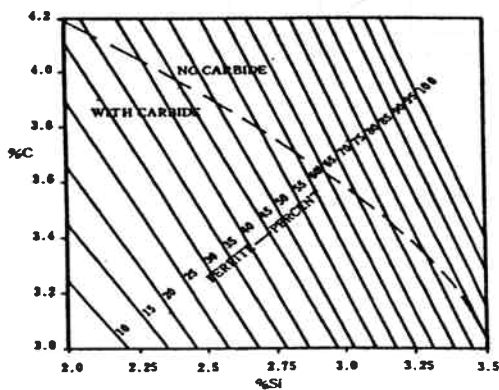


図 2.2.1-3 モリブデン(M)= 0.1719"時の C,Si%とフェライト量 (実線) とチルの有無 (破線)

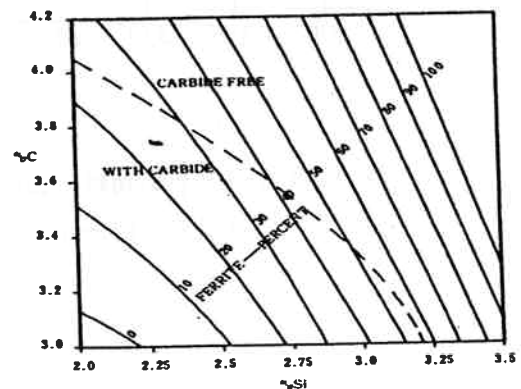


図 2.2.1-4 モリブデン(M)= 0.2031"時の C,Si%とフェライト量 (実線) とチルの有無 (破線)

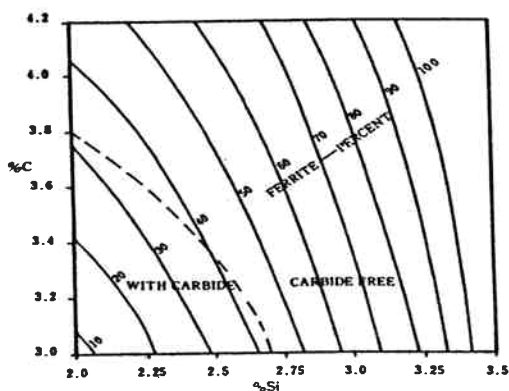


図 2.2.1-5 モリブデン(M)= 0.25"時の C,Si%とフェライト量 (実線) とチルの有無 (破線)

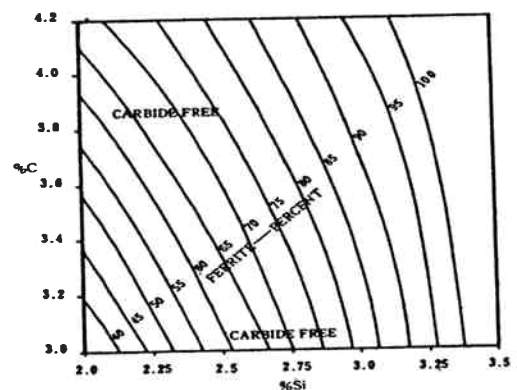


図 2.2.1-6 モリブデン(M)= 0.3125"時の C,Si%とフェライト量 (実線) とチルの有無 (破線)

1.2-2.2.1 (3/4)

参考資料

健全なダクタイル鑄鉄が得られる化学成分範囲が図 2.2.1-7 の斜線の範囲に示されている。

$TC\% + 1/3 \cdot Si\% = 4.55$ より上方の「黒鉛フローテーション」範囲では厚肉鑄物に浮上黒鉛欠陥が現れる危険性がある。 $TC\% + 1/7 \cdot Si\% = 3.9$ より下方の「高収縮範囲」では過剰な引け巣が発生する危険性がある。Si %が 2.8%以上では衝撃値（室温）が低下し、2.0%以下では白銑（チル）化傾向が強くなる。

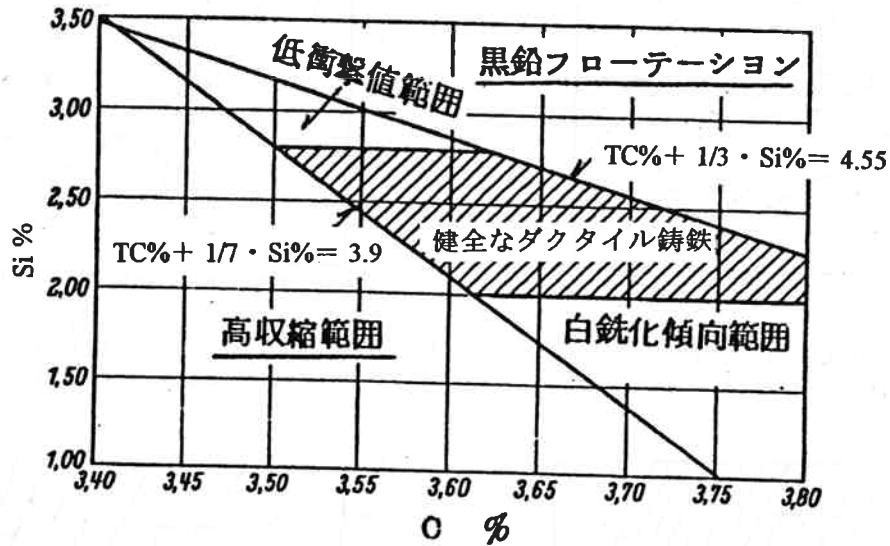


図 2.2.1 -7 球状黒鉛鑄鉄の適切な C,Si %の範囲（斜線部）

（出典：Giesserei.1967,8）

1.2-2.2.1 (4/4)

参考資料：その他の球状黒鉛鋳鉄品の化学成分

表 2.2.1-2 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄品の化学成分 (JIS G5510-1987)

種類の記号	球状黒鉛系の化学成分 %					
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu
FCDA-NiMn 13 7	3.0 以下	2.0~3.0	6.0~7.0	12.0~14.0	0.2 以下	0.5 以下
FCDA-NiCr 20 2		1.5~3.0	0.5~1.5	—	1.0~2.5	—
FCDA-NiCrNb 20 2 ⁽¹⁾		1.5~2.4		18.0~22.0	2.5~3.5	
FCDA-NiCr 20 3		1.5~3.0			1.0~2.5	
FCDA-NiSiCr 20 5 2		4.5~5.5			0.5 以下	0.5 以下
FCDA-Ni 22		1.0~3.0	1.5~2.5	21.0~24.0	0.5 以下	0.5 以下
FCDA-NiMn 23 4	2.6 以下	1.5~2.5	4.0~4.5	22.0~24.0	0.2 以下	—
FCDA-NiCr 30 1		1.5~3.0	—	28.0~32.0	1.0~1.5	
FCDA-NiCr 30 3		—		29.0~32.0	2.5~3.5	
FCDA-NiSiCr 30 5 2	—	4.0~6.0	0.5~1.5	28.0~32.0	1.5~2.5	
FCDA-NiSiCr 30 5 5		5.0~6.0		28.0~32.0	4.5~5.5	0.5 以下
FCDA-Ni 35	2.4 以下	1.5~3.5		34.0~36.0	0.2 以下	
FCDA-NiCr 35 3	2.4 以下	1.5~3.0	—		2.0~3.0	
FCDA-NiSiCr 35 5 2	2.0 以下	4.0~6.0	—		1.5~2.5	—

注 (1) FCDA-NiCrNb 20 2 の P は 0.04% 以下、Mg は 0.08% 以下、Nb は 0.1 ~ 0.2% とする。

表 2.2.1-3 低温用厚肉フェライト球状黒鉛鋳鉄品の化学成分 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Mg
3.0 ≦	≦ 2.5	≦ 0.4	≦ 0.05	≦ 0.02	≦ 0.09

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 目標中間品質 ダクタイル鋳鉄	機械的性質	1.2-2.2.2
		1/5

1. 適用範囲 ダクタイル鋳鉄溶解作業の目標中間品質としての機械的性質について規定する。

2. 品質評価のための機械的性質

ダクタイル鋳鉄の品質は機械的性質（引張強さ、耐力、伸び、衝撃値及び硬さ(参考値)等）、寸法精度、有害な欠陥などによって評価される。機械的性質は、最も重要な評価基準である。

3. 機械的性質の適正值

JIS G5502-1995 に示される機械的性質を表 2.2.2-1 に示す。それぞれの供試材の形状寸法は JIS を参照、引張試験片は JISZ2201 の 4 号試験片、衝撃試験片は JISZ2202 の 4 号試験片である。

供試材の寸法は鋳造品の形状、肉厚などを考慮し受渡当事者間で決定されるが、肉厚感受性を考えるとこれら供試材（Yブロックなど）と実体での機械的性質について製品毎に何らかの関係付けが必要である。

参考資料

表 2.2.2-1 別鑄込み供試材（Yブロック及びノックワ型）の機械的性質（JIS G5502-1995）

種類の記号	引張強さ N/mm ²	耐 力 N/mm ²	伸び %	シャルピー-吸収エネルギー			硬 さ HB
				試験温度 °C	3 個の 平均値 J	個々の値 J	
FCD350-22	350 ≤	220 ≤	22 ≤	23 ± 5	17 ≤	14 ≤	≤ 150
FCD350-22L				-40 ± 2	12 ≤	9 ≤	
FCD400-18	400 ≤	250 ≤	18 ≤	23 ± 5	14 ≤	11 ≤	130 ～ 180
FCD400-18L				-20 ± 2	12 ≤	9 ≤	
FCD400-15			15 ≤	—	—	—	
FCD450-10	450	280	10				140 ～ 210
FCD500-7	500	320	7				150 ～ 230
FCD600-3	600	370	3				170 ～ 270
FCD700-2	700	420	2				180 ～ 300
FCD800-2	800	480	2				200 ～ 330

1.2-2.2.2 (2/5)

表 2.2.2-2 本体付き供試材の機械的性質 (JIS G5502-1995)

種類の記号	鋳鉄品の 主要肉厚 mm	引張 強さ N/mm ²	耐 力 N/mm ²	伸 び %	シャルピー吸収エネルギー			硬 さ (参考値) HB	
					試験 温度 °C	3 個の 平均値 J	個々の 値 J		
FCD400-18A	30 ≦, ≦ 60	90 ≦	250 ≦	15 ≦	-23 ± 5	14 ≦	11 ≦	120 ～ 180	
	60 ≦, ≦ 200	370 ≦	240 ≦	12 ≦		12 ≦	9 ≦		
FCD400- 18AL	30 ≦, ≦ 60	390 ≦	250 ≦	15 ≦	-20 ± 2	10 ≦	7 ≦		
	60 ≦, ≦ 200	370 ≦	240 ≦	12 ≦					
FCD400-15A	30 ≦, ≦ 60	390 ≦	250 ≦	15 ≦	—	—	—		
	60 ≦, ≦ 200	370 ≦	240 ≦	12 ≦					
FCD500-7A	30 ≦, ≦ 60	450 ≦	300 ≦	7 ≦	—	—	—		130 ～ 230
	60 ≦, ≦ 200	420 ≦	290 ≦	5 ≦					
FCD600-3A	30 ≦, ≦ 60	600 ≦	360 ≦	2 ≦	—	—	—	160 ～ 270	
	60 ≦, ≦ 200	550 ≦	340 ≦	1 ≦					

参考資料：その他の球状黒鉛鋳鉄 (JIS G5503-1995) の機械的物理的性質

表 2.2.2-3 オーステンパ球状黒鉛鋳鉄品の機械的性質

記号	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	硬さ HB
FCAD 900-4	900以上	600以上	10	—
FCAD 900-8	900以上	600以上	8以上	—
FCAD 1000-10	1 000以上	700以上	5以上	—
FCAD 1200-2	1 200以上	900以上	2以上	341以上
FCAD 1400-1	1 400以上	1 100以上	1以上	401以上

表 2.2.2-4 低温用厚肉フェライト球状黒鉛鋳鉄品 (JIS G5504-1992) の機械的性質

引張強さ N/mm ²	耐 力 N/mm ²	伸 び %		衝撃試験温度 ℃	シャルピー吸引エネルギー J	
		3 個の試験片 の平均値	個々の試験片 の値		3 個の試験片 の平均値	個々の試験片 の値
300 以上	200 以上	12 以上	8 以上	-40 以上	6 以上	4 以上

1.2-2.2.2 (3/5)

表 2.2.2-5 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄品 (JIS G5510-1987) の機械的性質

種類の記号	引張強さ N/mm ² (kgf/mm ²)	耐 力 N/mm ² (kgf/mm ²)	伸 び %	シャルピー吸収エネルギー(*) J (kgf・m)	
				Vノッチ	Uノッチ
FCDA-NiMn 13 7	390 以上 (39.8 以上)	—	15 以上	16 以上 (1.6 以上)	—
FCDA-NiCr 20 2	370 以上 (37.7 以上)		7 以上	13 以上 (1.3 以上)	16 以上 (1.6 以上)
FCDA-NiCrNb 20 2					
FCDA-NiCr 20 3	390 以上 (39.8 以上)	210 以上 (21.4 以上)	7 以上	—	—
FCDA-NiSiCr 20 5 2	370 以上 (37.7 以上)		10 以上		
FCDA-Ni 22			170 以上 (17.3 以上)	20 以上	20 以上 (2.0 以上)
FCDA-NiMn 23 4	440 以上 (44.9 以上)	—	25 以上	24 以上 (2.4 以上)	28 以上 (2.9 以上)
FCDA-NiCr 30 1	370 以上 (37.7 以上)	210 以上 (21.4 以上)	13 以上	—	—
FCDA-NiCr 30 3			7 以上		
FCDA-NiSiCr 30 5 2	10 以上				
FCDA-NiSiCr 30 5 5	390 以上 (39.8 以上)	240 以上 (24.5 以上)	—		
FCDA-Ni 35	370 以上 (37.7 以上)	210 以上 (21.4 以上)	20 以上		
FCDA-NiCr 35 3			7 以上		
FCDA-NiSiCr 35 5 2		200 以上 (20.4 以上)	10 以上		

注 (*) 衝撃試験のVノッチ及びUノッチの値を併記しているものについては、そのいずれかの値による。

表 2.2.2-6 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄品 (JISG5510-1987) の機械的性質の範囲 (参考)

種類の記号	引張強さ N/mm ² (kgf/mm ²)	耐 力 N/mm ² (kgf/mm ²)	伸 び %	縦弾性係数 GN/m ² (kgf/mm ² ・10 ³)	シャルピー吸 収エネルギー Vノッチ J (kgf・m)	硬 さ HB
FCDA-NiMn 13 7	390~460 (39.8~46.9)	210~260 (21.4~26.5)	15~25	140~150 (14.3~15.3)	16.0~27.5 (1.6~2.8)	130~170
FCDA-NiCr 20 2	370~470 (37.7~47.9)	210~250 (21.4~25.5)	7~20	112~130 (11.4~13.3)	13.5~27.5 (1.4~2.8)	140~200
FCDA-NiCrNb 20 2	370~480 (37.7~48.9)	210~250 (21.4~25.5)	7~20	112~130 (11.4~13.3)	14.0~27.0 (1.4~2.7)	140~200
FCDA-NiCr 20 3	390~490 (39.8~50.0)	210~260 (21.4~26.5)	7~15	112~133 (11.4~13.6)	12.0 (1.2)	150~255
FCDA-NiSiCr 20 5 2	370~430 (37.7~43.9)	210~260 (21.4~26.5)	10~18	112~133 (11.4~13.6)	14.9 (1.5)	180~230
FCDA-Ni 22	370~440 (37.7~44.9)	170~250 (17.3~25.5)	20~40	85~112 (8.7~11.4)	20.0~33.0 (2.0~3.4)	130~170
FCDA-NiMn 23 4	440~470 (44.9~47.9)	210~240 (21.4~24.5)	25~45	120~140 (12.2~14.3)	24.0 (2.4)	150~180
FCDA-NiCr 30 1	370~440 (37.7~44.9)	210~270 (21.4~27.5)	13~18	112~130 (11.4~13.3)	17.0 (1.7)	130~190
FCDA-NiCr 30 3	370~470 (37.7~47.9)	210~260 (21.4~26.5)	7~18	92~105 (9.4~10.7)	8.5 (0.87)	140~200
FCDA-NiSiCr 30 5 2	380~500 (38.8~51.0)	210~270 (21.4~27.5)	10~20	130~150 (13.3~15.3)	10.0~16.0 (1.0~1.6)	130~170
FCDA-NiSiCr 30 5 5	390~490 (39.8~50.0)	240~310 (24.5~31.6)	1~4	91 (9.3)	3.9~5.9 (0.40~0.60)	170~250
FCDA-Ni 35	370~410 (37.7~41.8)	210~240 (21.4~24.5)	20~40	112~140 (11.4~14.3)	20.5 (2.1)	130~180
FCDA-NiCr 35 3	370~440 (37.7~44.9)	210~290 (21.4~29.6)	7~10	112~123 (11.4~12.5)	7.0 (0.71)	140~190
FCDA-NiSiCr 35 5 2	370~500 (37.7~51.0)	200~290 (20.4~29.6)	10~20	110~145 (11.2~14.8)	12.0~19.0 (1.2~1.9)	130~170

1.2-2.2.2 (4/5)

表 2.2.2-7 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄品 (JIS G5510-1987) の物理的性質 (参考)

種類の記号	密度 Mg/m ³	線膨張係数 (20-200K) m/(m・K) ×10 ⁻⁶	熱伝導率 W/(m・K)	電気比抵抗 Ω・mm ² /m	透磁率 μ (H=8kA/m での値)
FCDA-NiMn 13 7	7.3	18.2	12.6	1.0	1.02
FCDA-NiCr 20 2	7.4	18.7	12.6	1.0	1.04
FCDA-NiCrNb 20 2	7.4	18.7	12.6	—	1.04
FCDA-NiCr 20 3	7.45	18.7	12.6	1.0	1.05
FCDA-NiSiCr 20 5 2	7.35	18.0	12.6	—	—
FCDA-Ni 22	7.4	18.4	12.6	1.0	1.02
FCDA-NiMn 23 4	7.45	14.7	12.6	—	1.02
FCDA-NiCr 30 1	7.45	12.6	12.6	—	—
FCDA-NiCr 30 3	7.45	12.6	12.6	—	—
FCDA-NiSiCr 30 5 2	7.45	15.1	12.6	—	—
FCDA-NiSiCr 30 5 5	7.45	14.4	12.6	—	—
FCDA-Ni 35	7.6	5.0	12.6	—	—
FCDA-NiCr 35 3	7.7	5.0	12.6	—	—
FCDA-NiSiCr 35 5 2	7.45	12.9	12.6	—	—

1.2-2.2.2 (5/5)

表 2.2.2-8 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄品 (JIS G5510-1987) の性質及び用途 (参考)

種類の記号	性 質	用 途 例
FCDA-NiMn 13 7	非磁性は FCA-NiMn 13 7 と同等。ただし、機械的性質は改善。	非磁性鋳物例：タービン発動機用圧力カバー、遮断器箱、絶縁フランジ、ターミナル、ダクト
FCDA-NiCr 20 2	NiCr 20 2 と同等。ただし、黒鉛が球状のため機械的性質は改善。低 Cr の場合は非磁性。	ポンプ、バルブ、コンプレッサ、プッシング、ターボチャージャハウジング、エキゾーストマニホールド、キャビンマシン用ロータリーテーブル、エンジン用タービンハウジング、バルブ用ヨークスリーブ、非磁性鋳物
FCDA-NiCrNb 20 2	溶接性は良好、他の性質は FCDA-NiCr 20 2 と同等。	FCDA-NiCr 20 2 と同等
FCDA-NiCr 20 3	FCDA-NiCr 20 2 と同等。ただし、耐腐食性及び耐熱性は FCDA-NiCr 20 2 より良好。	ポンプ、ポンプ用ケーシング、バルブ、コンプレッサ、プッシング、ターボチャージャハウジング、エキゾーストマニホールド
FCDA-NiSiCr 20 5 2	耐腐食性は良好、弱硫酸にも良好、耐熱性は良好。ただし、この種類は 500~600℃ の温度範囲での使用は適さない。	ポンプ部品、バルブ、高い機械的応力を受ける工業炉用鋳物
FCDA-Ni 22	熱膨張係数は高い。 耐腐食性及び耐熱性は FCDA-NiCr 20 2 より低い。 耐衝撃性は -100℃ まで良好。 非磁性。	ポンプ、バルブ、コンプレッサ、プッシング、ターボチャージャハウジング、エキゾーストマニホールド、非磁性鋳物
FCDA-NiMn 23 4	耐衝撃性は -196℃ まで良好。 非磁性。 延性は特に良好。	-196℃ まで使用される場合の冷凍機器類鋳物
FCDA-NiCr 30 1	FCA-NiCr 30 3 と同等。 軸受性能は良好。	ポンプ、ボイラーフィルタ部品、エキゾーストマニホールド、バルブ、ターボチャージャハウジング
FCDA-NiCr 30 3	FCA-NiCr 30 3 と同等。1% Mo 添加で機械的性質、特に耐熱性、耐衝撃性及び高温強度は改善。	ポンプ、ボイラ、バルブ、フィルタ部品、エキゾーストマニホールド、ターボチャージャハウジング
FCDA-NiSiCr 30 5 2	耐腐食性、耐侵食性、耐熱性は特に高い。線膨張係数は中程度。ただし FCDA-NiSiCr 30 5 5 より延性及びじん性は高い。	ポンプ部品、エキゾーストマニホールド、ターボチャージャハウジング、工業炉用鋳物
FCDA-NiSiCr 30 5 5	FCA-NiSiCr 30 5 5 と同等。	ポンプ部品、バルブ、工業炉用鋳物のうち、高い機械的応力を受ける部品
FCDA-Ni 35	FCA-Ni 35 と同等。 線膨張係数は低く、耐熱性、耐衝撃性はより良好。	温度による寸法変化を嫌う部品に適用 (例えば工作機械、理科学機器、ガラス用金型)
FCDA-NiCr 35 3	FCDA-Ni 35 と同等。 1% Mo 添加で特に高温強度は改善。	ガスタービンハウジング部品、ガラス用金型、エンジン用ターボチャージャハウジング
FCDA-NiSiCr 35 5 2	FCDA-NiCr 35 3 より耐熱性、延性及び高クリーブ強度をもつ。	ガスタービンハウジング部品、エキゾーストマニホールド、ターボチャージャハウジング

溶解作業（誘導炉／キューポラ） 目標中間品質 ダクタイル鑄鉄	品質基準値	1.2-2.2.3
		1/6

1. 適用範囲 ダクタイル鑄鉄溶解作業において、適合する目標中間品質を得るための品質基準値について規定する。

2. 化学成分

2.1 球状化阻害元素：黒鉛球状化を阻害する元素の種類と阻害機構が表 2.2.3-1 に、それらが単独で存在するときの臨界量が表 2.2.3-2 に示されている。原材料及び副資材にこれらの元素が含有するかどうかとその含有量をとをチェックしなければならない。含有品を使用する場合は、添加量とのかねあいから臨界量を超えぬよう管理しなければならない。

阻害元素が複数存在する場合その総和が 0.1%以下であることが必要と言われている。
 $(\text{Ti}+\text{Cr}+\text{Sb}+\text{V}+\text{As}+\text{Sn}+\text{Pb}+\text{Zn})<0.1\%$

2.2 阻害元素の除去および中和：

イオウ（S）は原材料、コークス、加炭材などから溶湯中に入ってくる。これを除去するのが脱硫処理である。一般的な S 含有量の目安は 0.01 ～ 0.03 %。
 RE（レアース）は前述の元素の球状化阻害作用を中和する。従って RE 含有の球状化剤、接種剤が使用されている。

表 2.2.3-1 黒鉛球状化を阻害する元素の種類と阻害機構

出典：堀江皓：鑄物、49.393(1977)

番号	阻 害 型	阻 害 作 用	黒 鉛 形 態	元 素
I	Mg 消費型	黒鉛の球状化に必要な Mg を消費することにより阻害する	擬片状黒鉛，共晶状黒鉛，片状黒鉛	O, S, Se, Te
II	粒界偏析型	黒鉛の球状化に必要な Mg には影響を与えないが，オーステナイト粒界に偏析し，不規則形状黒鉛を晶出して阻害する	不規則形状黒鉛（糸くず状，粒状，擬球状，擬片状，凝集状など）	Sb, Sn, As, B, Al, Ti, Cu
III	混 合 型	黒鉛の球状化に必要な Mg を消費し，また，オーステナイト粒界に偏析し，不規則形状黒鉛を晶出することにより阻害する	不規則形状黒鉛，擬片状黒鉛，共晶状黒鉛，片状黒鉛	Pb, Bi

1.2-2.2.3 (2/6)

参考資料

表 2.2.3-2 球状化阻害元素の種類と臨界量

出典： K.J. Wastchenko, N. Sofroni: Magnesium treated Cast Iron (1960)

K.C. Donoho: Modern Castings, 46, 608 (1964)

尾崎良平: 球状黒鉛鑄鉄の理論と実際、日本金属学会編、丸善 (1960)

堀江皓：鑄物、47, 836 (1975)

	Wastchenko	Donoho	尾 崎	堀江, 井川, 大平
Te	—	0.05	0.0002	0.001
Bi	0.003	0.005	0.0005	0.006
Pb	0.009	0.010	0.002	0.003
Sb	0.026	0.010	0.005	(0.01)
B	—	—	0.005	(0.05)
Zr	—	—	0.025	—
Se	—	0.05	0.05	0.01
Ti	0.04	0.08	0.015	<0.2
Sn	0.13	—	0.10	0.10
Al	0.3	—	0.01	0.25
As	0.08	—	0.05	—
Nb	—	—	0.15	—
Ta	—	—	0.20	—
Cu	—	—	1.9	2.20

() は添加量

1.2-2.2.3 (3/6)

3. 黒鉛形態 黒鉛球状化率は80%以上を球状黒鉛鑄鉄と JIS で定義されている。黒鉛粒径は小さくかつ粒数を多いのが望ましい。黒鉛球状化率のチェックは供試材よりも実体の肉厚部、交差部、押し湯跡など条件の悪い部位で行うこと。球状化率は顕微鏡観察および超音波伝播速度による非破壊試験でチェックできる。

黒鉛球状化率の算出 (JIS G5502-1995)

- (1) 倍率は原則として 100 倍とし、5 視野について行い平均値を求める。
- (2) 2mm (実際の寸法 20 μ m) 以下の黒鉛及び介在物は対象としない。
- (3) 下図の形状Ⅴ及びⅥの黒鉛粒数の全黒鉛粒数に対する割合 (%) を求め黒鉛球状化率とする。
- (4) 画像解析処理によって算出する場合には (3) に準じて行う。
- (5) 受渡当事者間の協定による標準組織写真がある場合にはこれを用い、下図により黒鉛粒の形状を分類し、(1) ~ (4) の方法で求めた物とする。

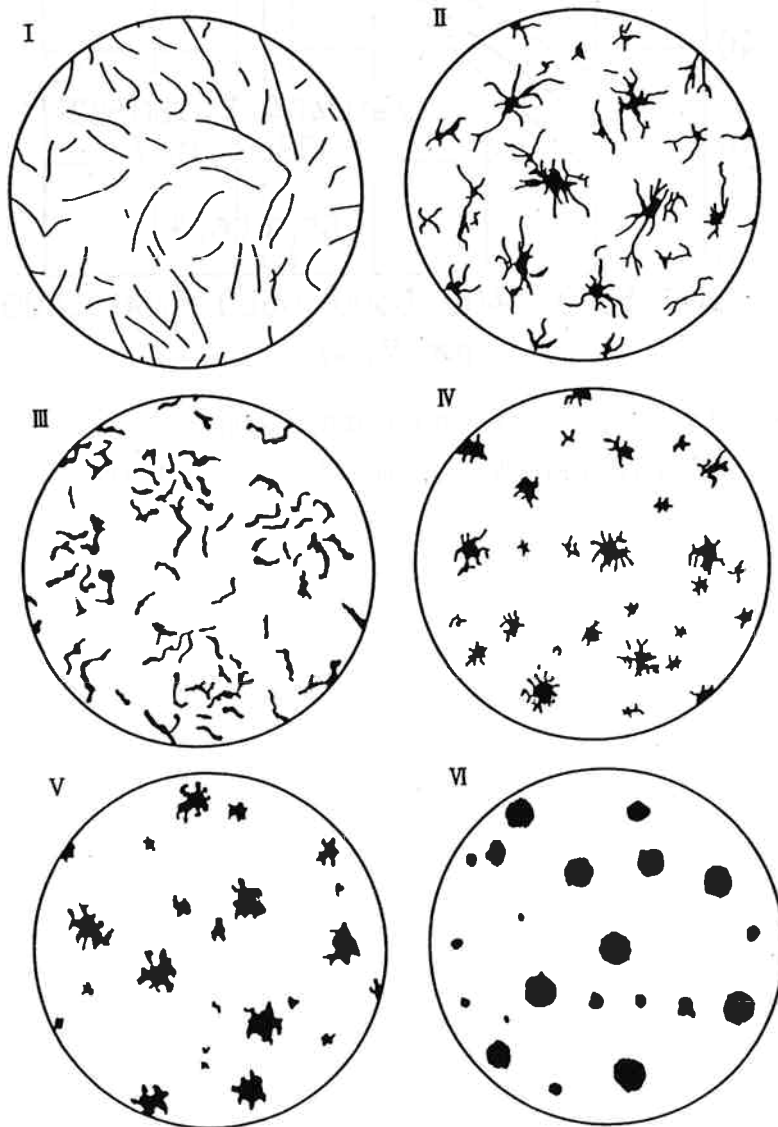


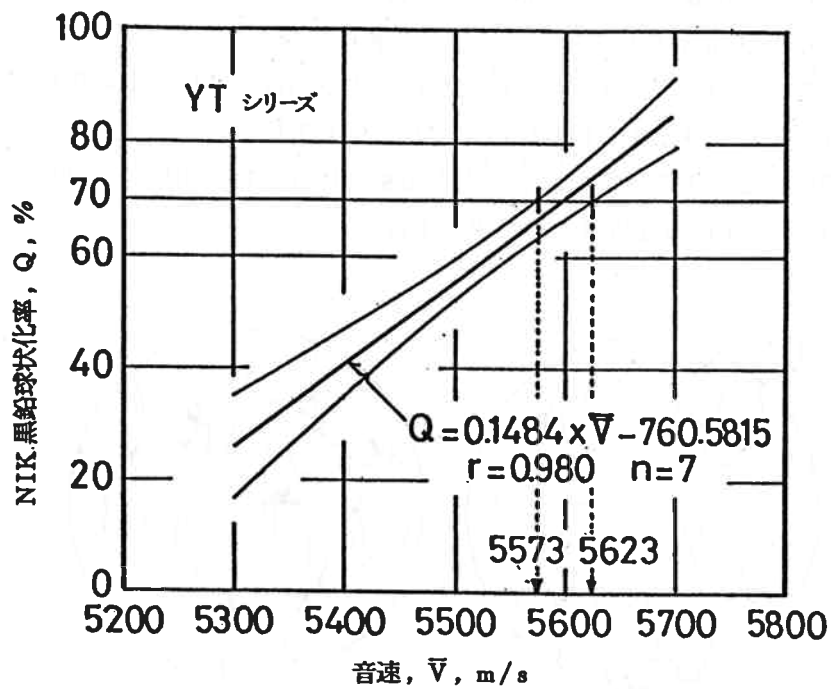
図 2.2.3-1 黒鉛粒の形状分類

1.2-2.2.3 (4/6)

参考資料：超音波伝播速度と黒鉛形状との関係

図 2.2.3-2 の NIK 黒鉛球状化率 (Q) では 70%以上を球状黒鉛鑄鉄と定めている。Q=70 %の線と 95% 信頼限界線との交点を求めると 5,573m/s と 5,623m/s の音速値が得られる。従って、この場合球状黒鉛鑄鉄の音速基準は 5,573m/s ～ 5,623m/s に在ることが分かる。

出典：(社) 日本鑄物協会研究報告書 47,鑄鉄溶解技術と溶湯性状に関する研究部会, (1987) 98



2.2.3-2 フェーディング試料の黒鉛球状化率 (NIK 法) と
縦波超音波伝播速度との回帰直線と 95%信頼限界線

1.2-2.2.3 (5/6)

4. 基地組織 製造するダクタイル鋳鉄の種類により全フェライト～全パーライト基地組織が要求される。顕微鏡組織観察や画像解析などで測定されたフェライト面積率（パーライト面積率、フェライト／パーライト率など）として定量化される。
- 溶湯成分などの条件が一定ならば、硬さにより代用できる。硬さにより基地組織を管理する場合は、データ取りを十分に行い、硬さとフェライト面積率との関係を予め調べておくことが大切である。

フェライト面積率の定義及び算出法（JIS G5504-1992）

- (1) 顕微鏡組織写真によるフェライト面積率は、次の式から求める。

$$F(\%) = \frac{A - (A_G + A_C + A_P)}{A - A_G} \times 100$$

ここに、 F ：フェライト面積率

A ：判定視野面積

A_G ：黒鉛面積

A_C ：セメントライト面積

A_P ：パーライト面積

- (2) その他の方法によるフェライト面積率の算出

画像解析装置によって算出する方法を用いてもよい。

参考資料：基地組織（パーライト面積率）と硬さとの関係

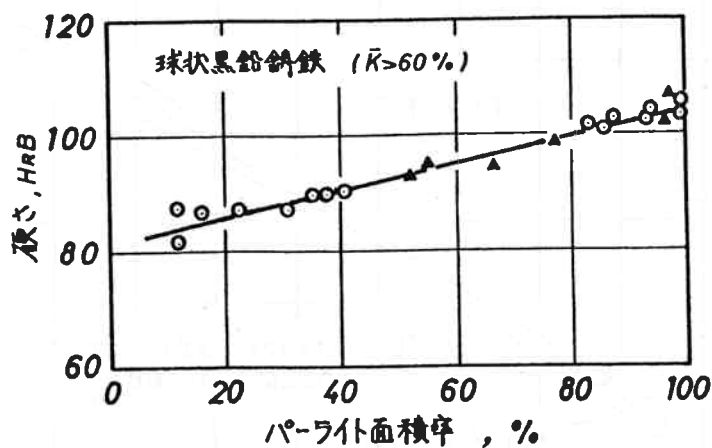


図 2.2.3-3 球状黒鉛鋳鉄の硬さとパーライト面積率との関係

黒鉛形状係数 (K) $< 60\%$ 、ロックウェル硬さ (HrB) 使用

出典：鹿毛秀彦、田中雄一：鋳物、56 (1984)、408

1.2-2.2.3 (6/6)

参考資料：ダクタイル鑄鉄引張強さの非破壊評価

(超音波伝播速度×ブリネル硬さ)と引張強さとの関係についての研究報告を図2.2.3-4と5に示す。相関係数 $r = 0.9$ 以上の高い正相関関係が得られ、実体強度がこの非破壊試験で精度良く推定できることが示されている。基地組織の代用特性値である硬さはロッキエル硬さビッカース硬さ等も使用できる。

出典：(社)日本鑄物協会研究報告書47, 鑄鉄溶解技術と溶湯性状に関する研究部会, (1987) 63

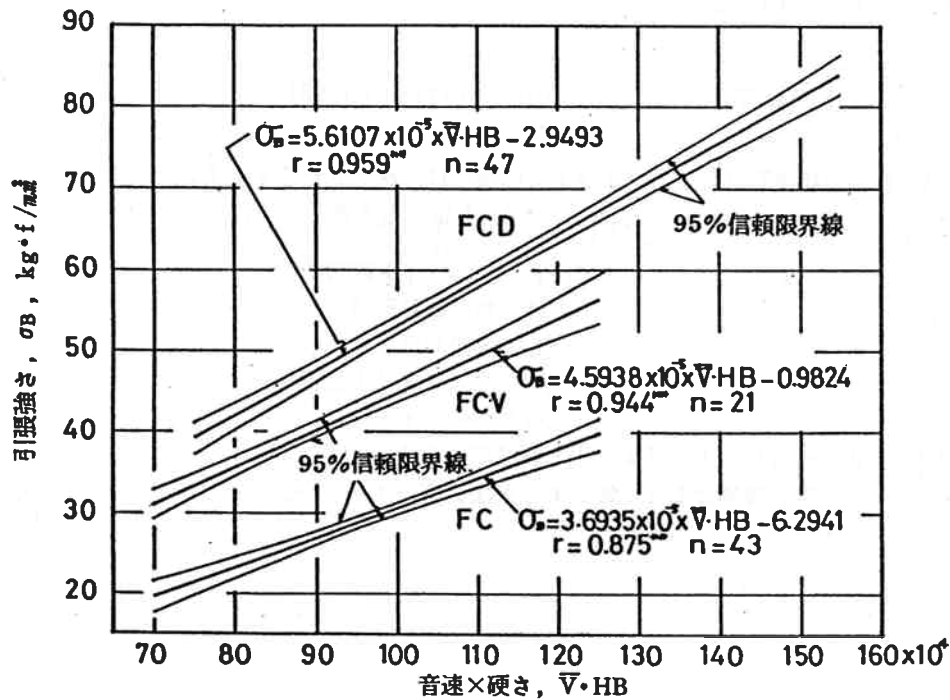


図 2.2.3-4 引張強さと〔音速×ブリネル硬さ〕との関係

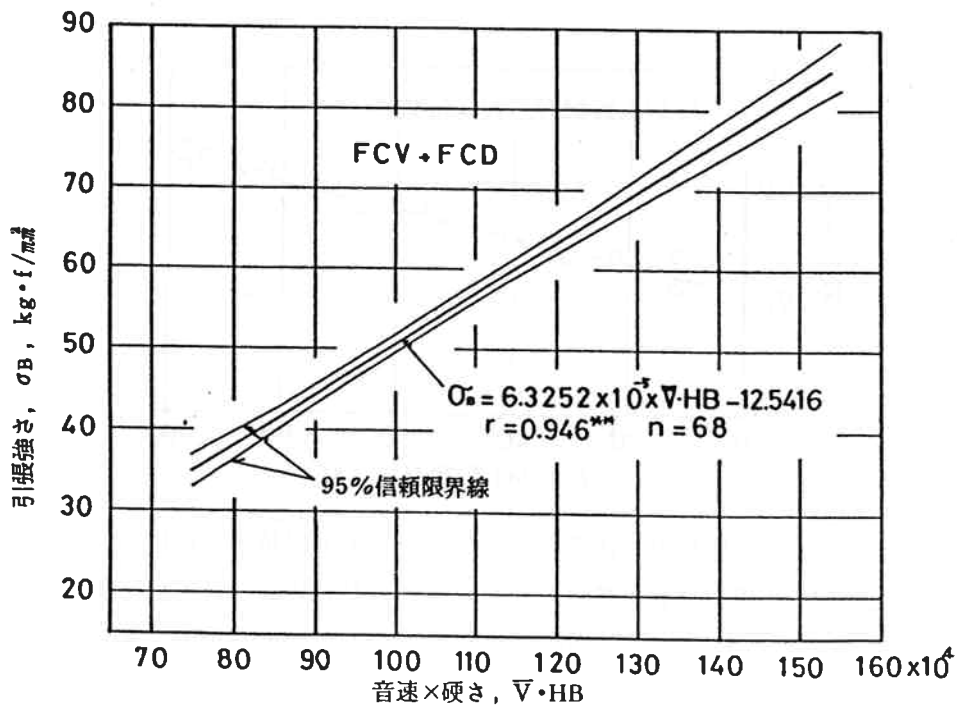


図 2.2.3-5 引張強さと〔音速×ブリネル硬さ〕との関係

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 目標中間品質 ダクタイル鋳鉄	顕微鏡組織	1.2-2.2.4
		1/10

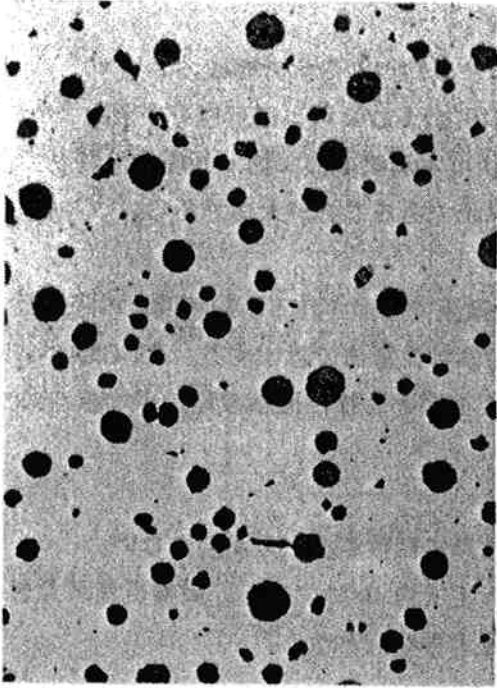
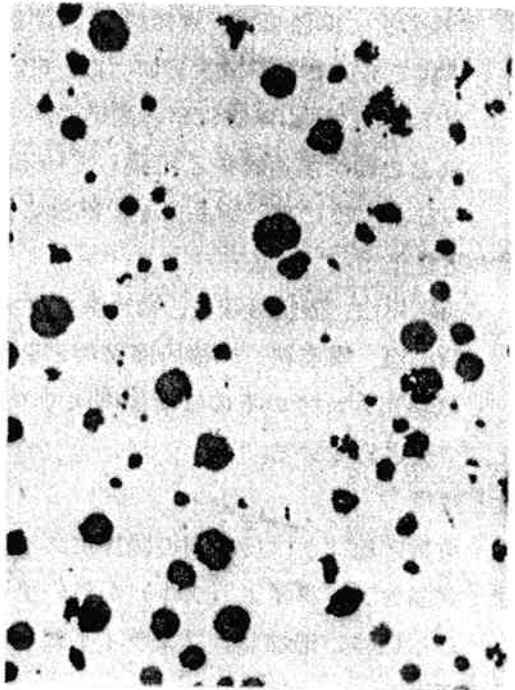
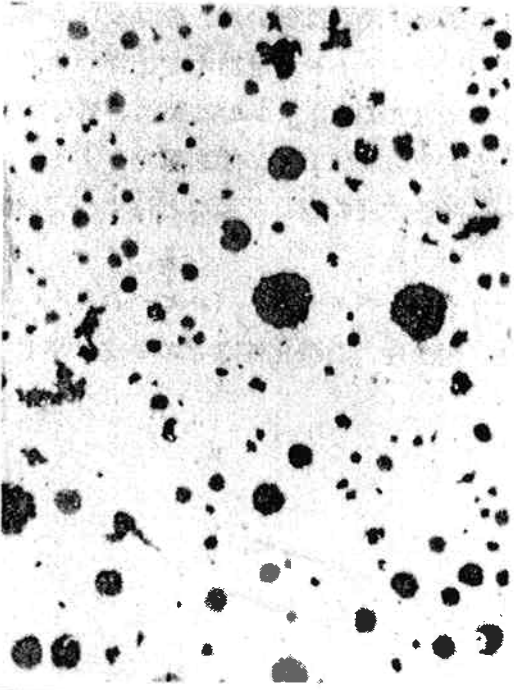
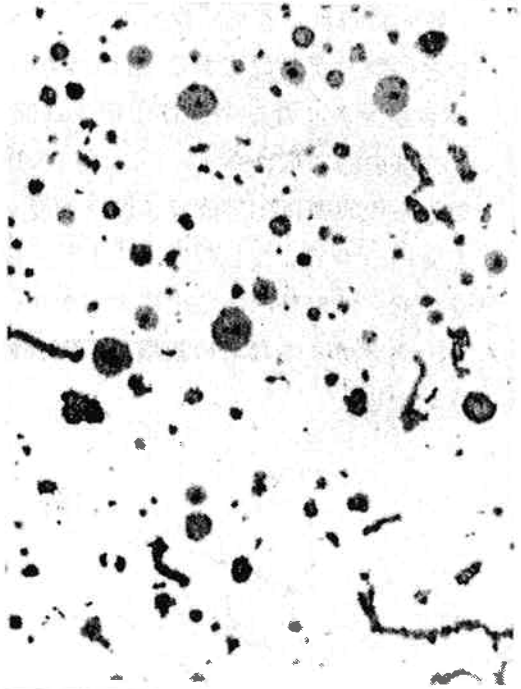
1. 適用範囲 ダクタイル鋳鉄製造における溶解作業の目標中間品質としての顕微鏡組織について規定する。
2. 黒鉛組織 黒鉛形状、黒鉛粒数、黒鉛粒径、黒鉛面積率など。
 - 2.1 黒鉛形状：球状であることが望ましい（JIS G5502-1995 図4 黒鉛粒の形状分類図の黒鉛V、VI）。
本JISでは黒鉛球状化率の測定法が示され（前項2.2.3の3項黒鉛形態を参照）、80%以上を球状黒鉛鋳鉄と定義している。黒鉛形状は本鋳鉄の機械的・物理的性質を大きく左右するので、製品のどの部分においても球状であることが大切である。
 - 2.2 黒鉛形状の定量化：
面積率法、形状係数法、軸比法などがある。顕微鏡で観察される黒鉛粒個々の最大径、最小径、実面積、外接円面積などを求めそれぞれの計算法で算出する。JIS G5502-1995に採用されているのは面積率法で各黒鉛粒の実面積と外接円面積の比の平均値 $\times 100\%$ で表されている。
 - 2.3 黒鉛粒数と粒径：
粒数と粒径とは反比例の関係にある。一般的に黒鉛粒数が多い方が望ましい。
 - 2.4 黒鉛面積：共晶セメンタイト（チル）が無い場合、ほぼ一定で約10%である。炭素当量が大きくなるに伴い増加し、フェライト基地が多いほど大きな値となる。
 - 2.5 超音波伝播速度：
球状化率を判定する場合の基準音速は約5,600 m/sである。
3. 基地組織 フェライト、フェライト＋パーライト、パーライトおよび共晶セメンタイト（チル）が一般的に現れる基地組織である。フェライトは強度及び硬さは低いが、伸び及び衝撃値などの靱性が良好である（FCD400,450,500など）。パーライトが増加するに従い強度と硬さが大きくなるが伸びや靱性は低下する（FCD600,700,800）。チルは製品の隅、縁および薄肉部に現れやすい。これは機械的性質の低下や切削加工性に悪影響を与える。これらの組織は化学成分、製品肉厚、冷却速度、接種処理の適、不適などによって影響を受けるのでこれらの要因に十分考慮する事が大切である。
その他、熱処理や合金化によりチル、マルテンサイト、ベイナイト（オースフェイト）、オーステナイトなどの組織が耐摩耗性、耐蝕性、耐熱性、耐酸化性などの用途に応じて作られる。

顕微組織鏡写真

1. 《ダクタイル鋳鉄の代表的な黒鉛形状；黒鉛球状化率（ISO 法）》

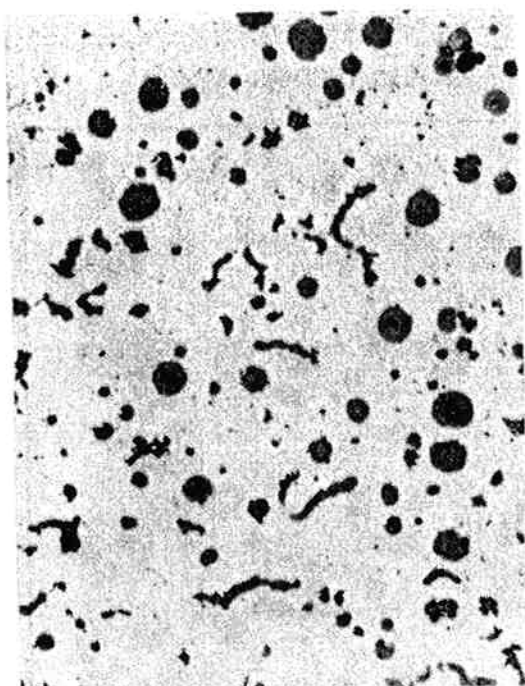
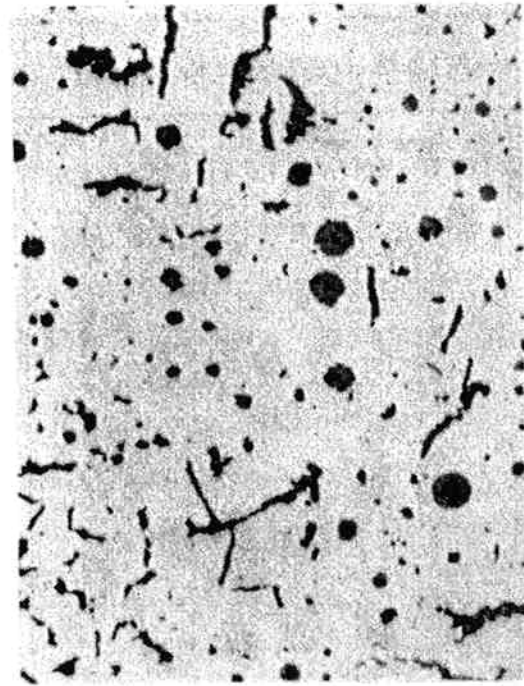
（出典：球状黒鉛鋳鉄品の標準顕微鏡組織写真集、社団法人日本強靱鋳鉄協会改訂版）

x 100, 腐食無し

黒鉛球状化率 95.8 %	黒鉛球状化率 93.8 %
	
黒鉛球状化率 88.7 %	黒鉛球状化率 75.5 %
	

1.2-2.2.4 (3/10)

x 100, 腐食無し

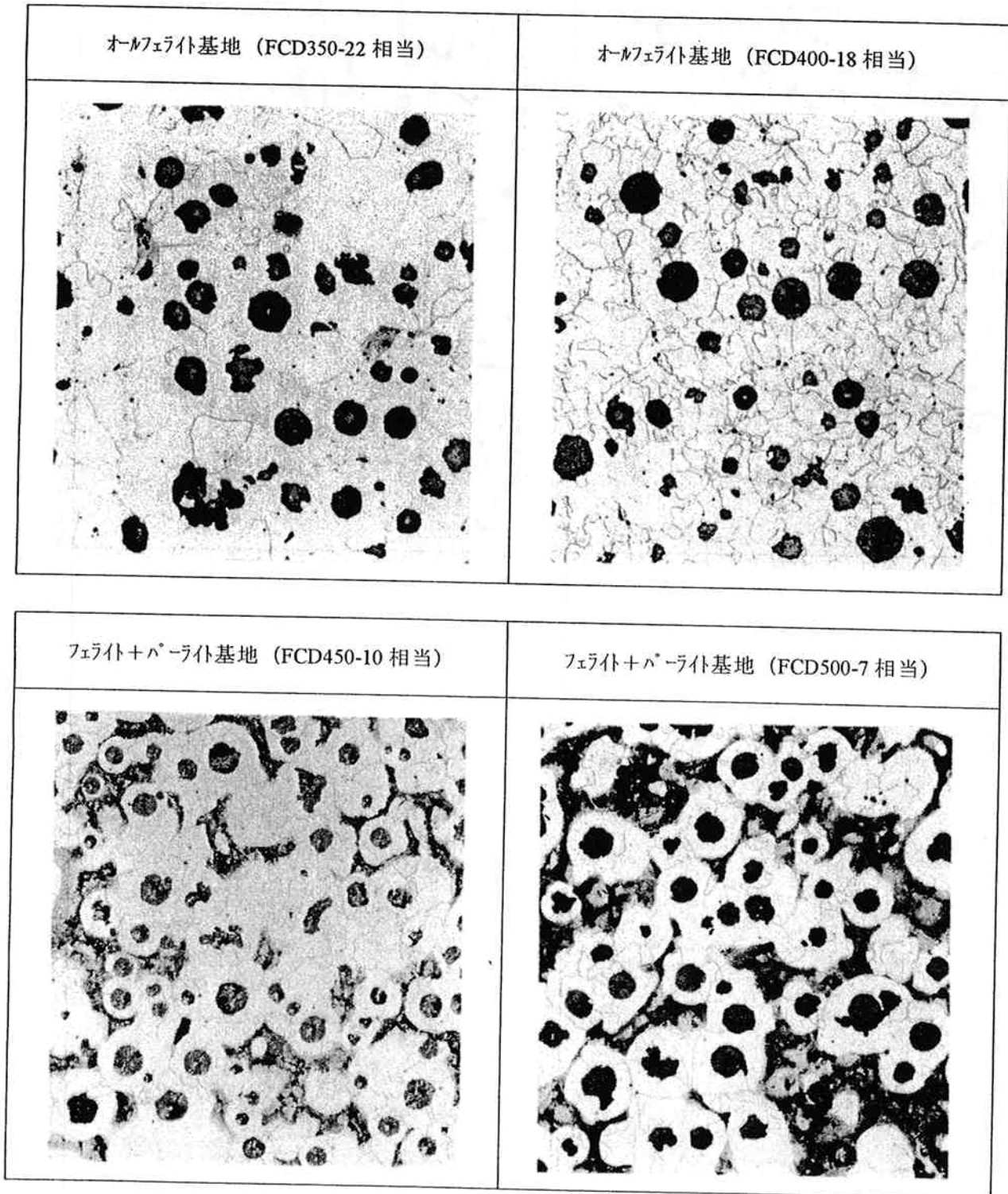
黒鉛球状化率 64.6 %	黒鉛球状化率 46.9 %
	
	

顕微鏡組織写真

2. 《ダクタイル鋳鉄の代表的基地組織 (YブロックB号)》

(出典：球状黒鉛鋳鉄品の標準顕微鏡組織写真集：社団法人日本強靱鋳鉄協会改訂版)

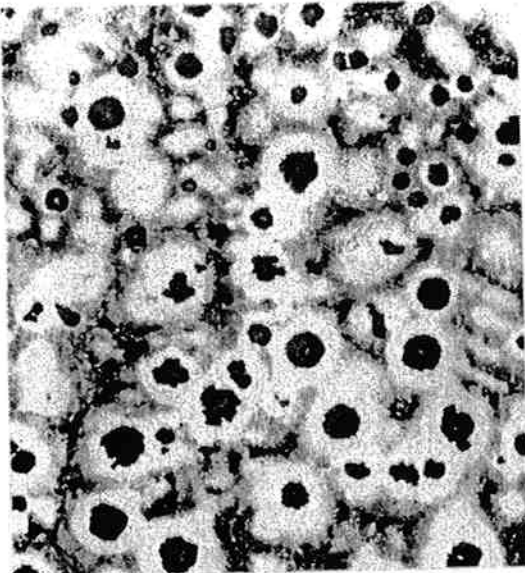
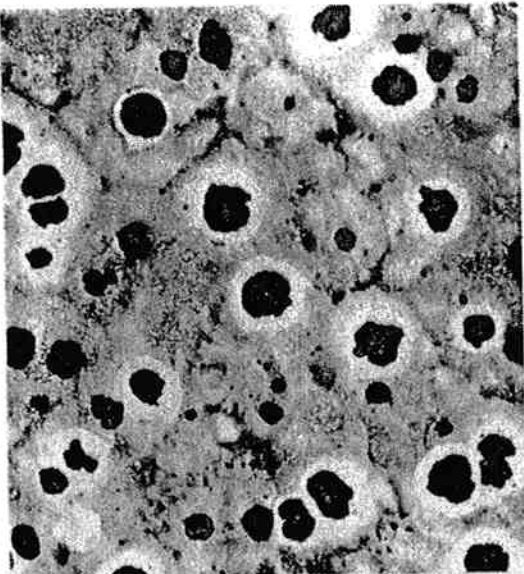
2.1 フェライト／パーライト基地 (1/2)、x 100, 腐食液 3%ナイタル

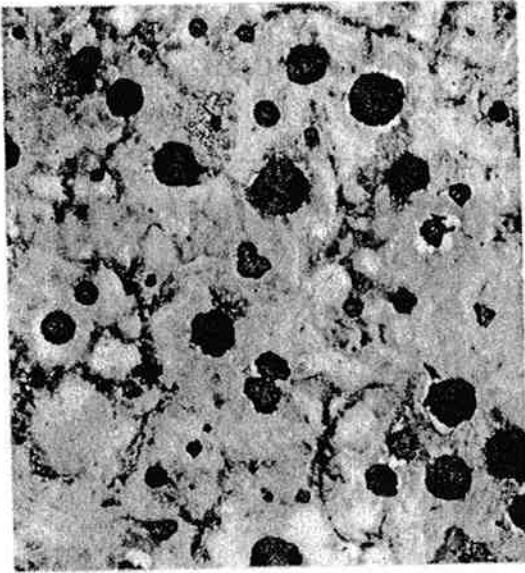
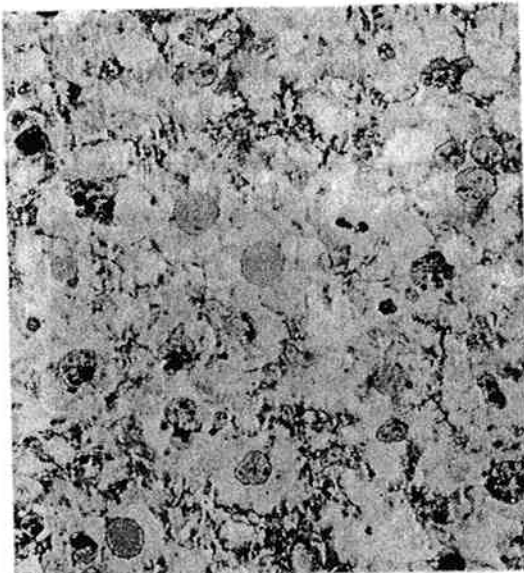


つづく

1.2-2.2.4 (5/10)

フェライト／パーライト基地 (2/2)、x 100, 腐食液 3%ナイトール

フェライト＋パーライト基地 (FCD600-3 相当)	パーライト＋フェライト (フルズ・アイ、FCD700-2 相当)
	

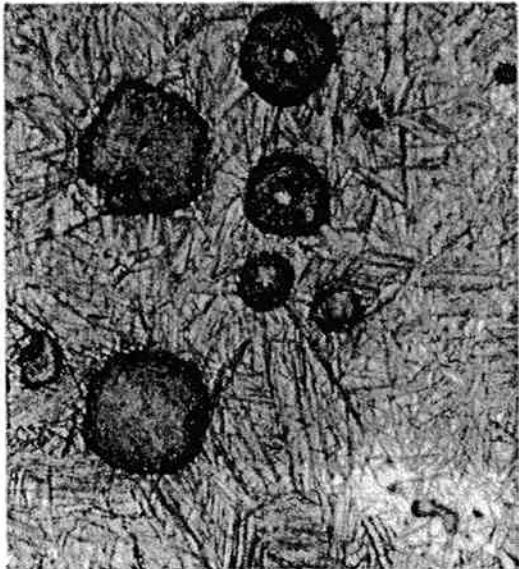
オールパーライト基地 (FCD800-2 相当)	オールパーライト基地 (FCD800-2 相当)
	

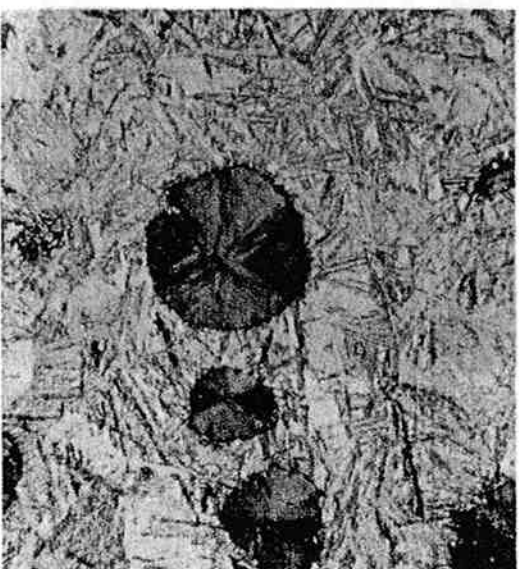
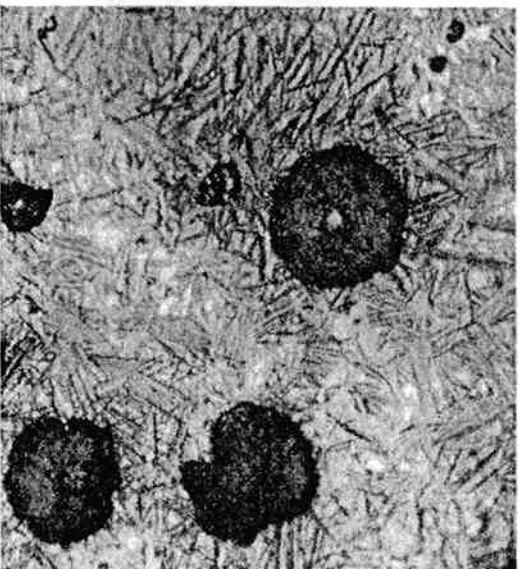
1.2-2.2.4 (6/10)

基地組織写真

2.2 ベイナイト基地 (1/2)、ADI 熱処理品；YプロックB号

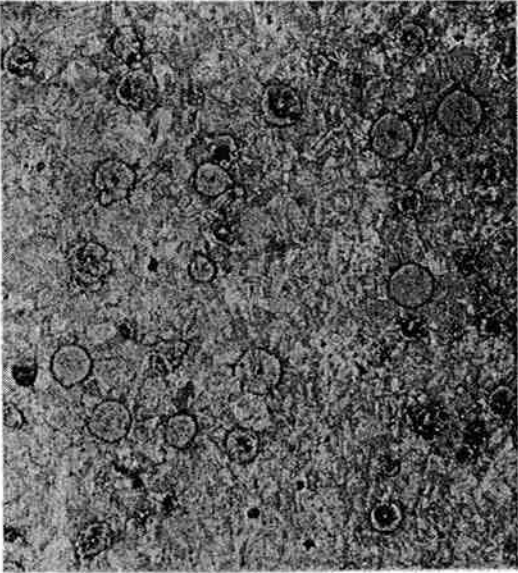
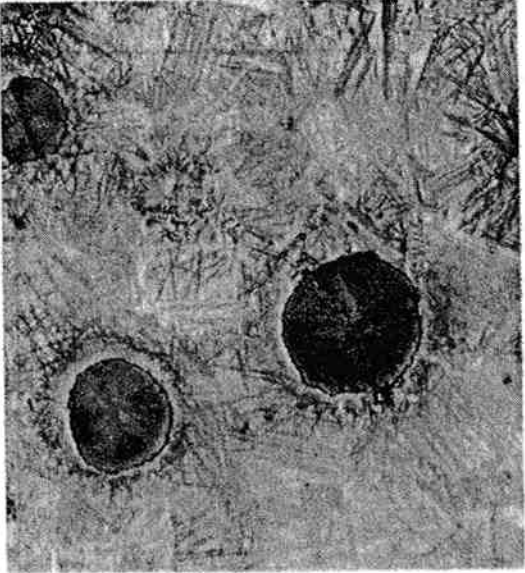
(出典：球状黒鉛鑄鉄品の標準顕微鏡写真集：社団法人日本強靱鑄鉄協会改訂版)

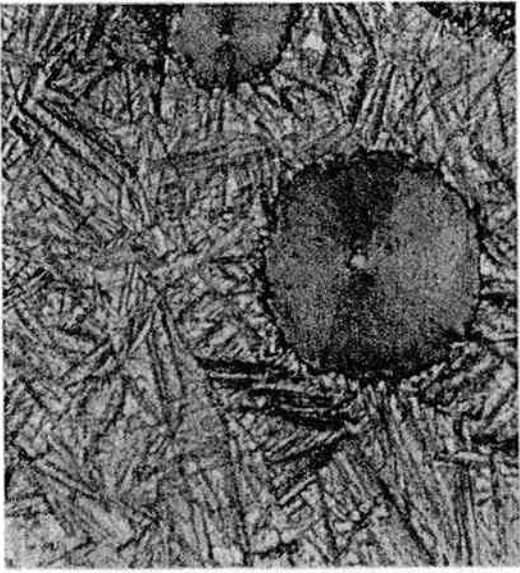
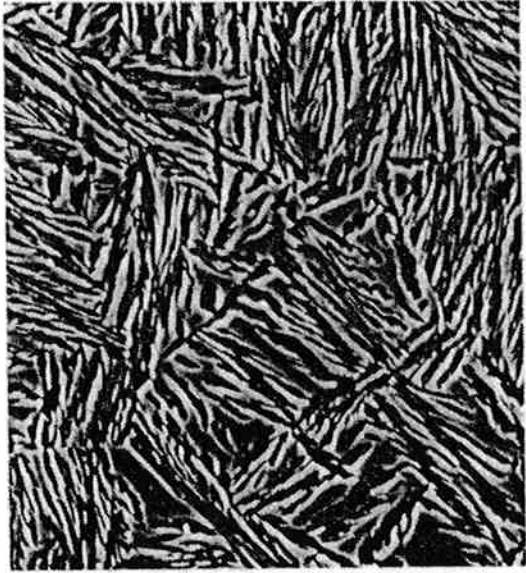
ベイナイト基地 (FCAD900-4) x 400、ナイトル腐食	ベイナイト基地 (FCAD900-8) x 400、ナイトル腐食
	

ベイナイト基地 (FCAD1000-5) x 400、ナイトル腐食	ベイナイト基地 (FCAD1200-2) x 400、ナイトル腐食
	

1.2-2.2.4 (7/10)

ベイナイト基地 (2/2)、ADI 熱処理品 ; Y7' ロックB号

ベイナイト基地 (FCAD1400-1) x 100、ナイトル腐食	ベイナイト基地 (FCAD1400-1) x 400、ナイトル腐食
	

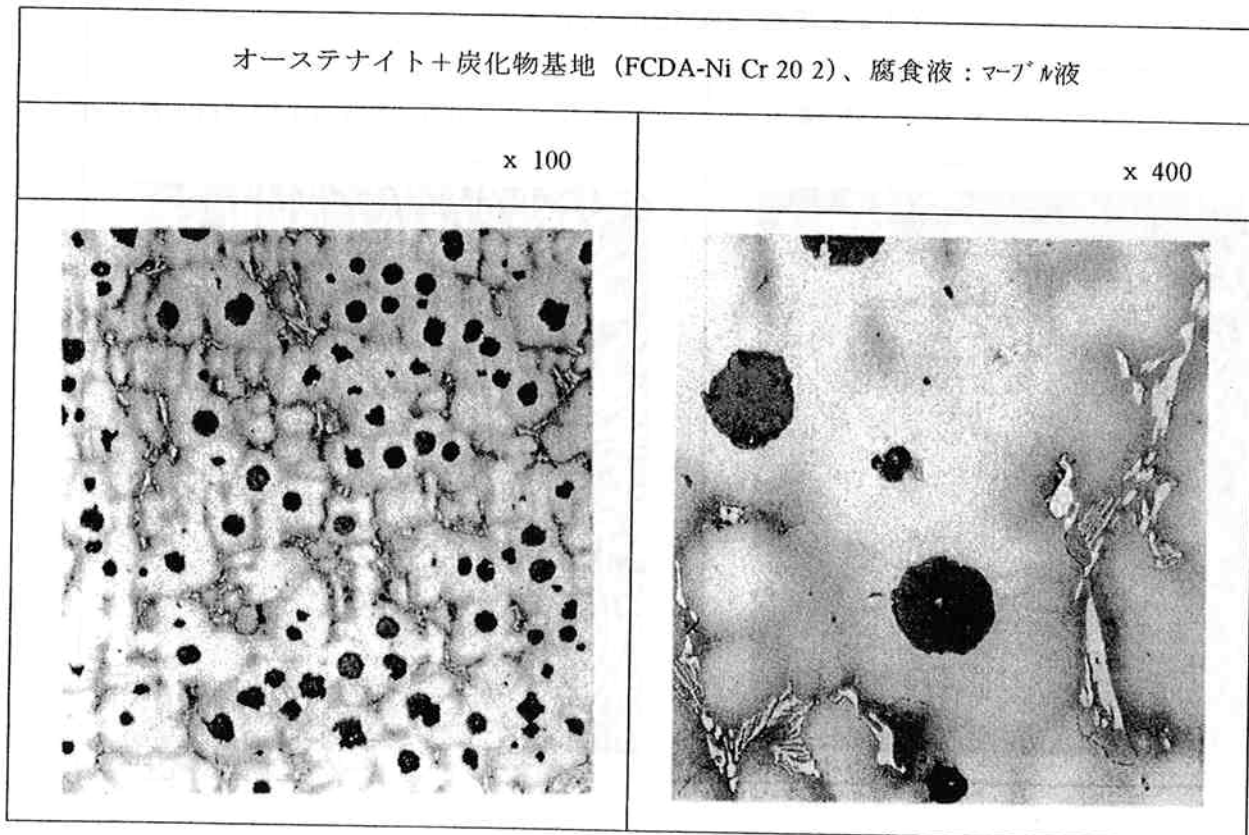
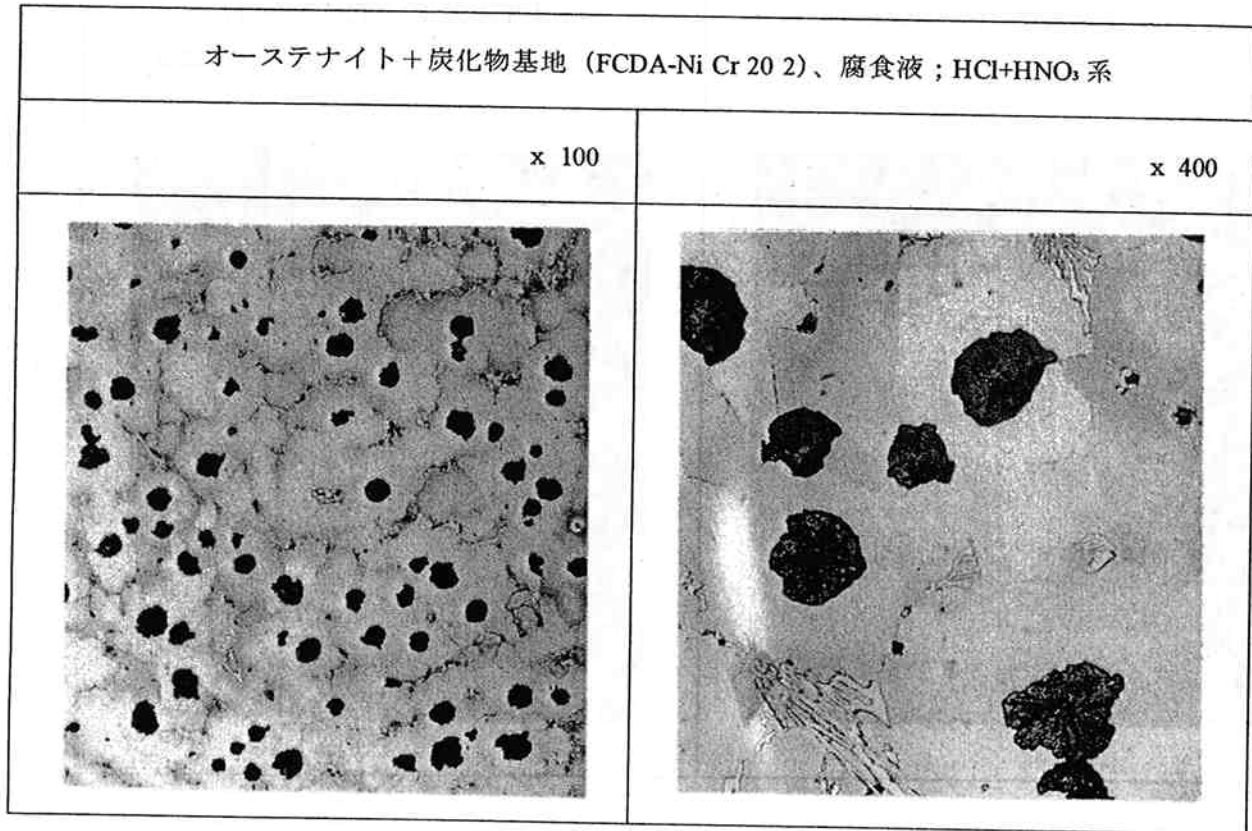
ベイナイト基地 (FCAD1000-5)	
x 600、ナイトル腐食	x 2000 (走査電子顕微鏡写真)
	

1.2-2.2.4 (8/10)

基地組織写真

2.3 オーステナイト+炭化物基地 (1/2) ; 球状黒鉛系オーステナイト鋳鉄、Y7*ロックB号

(出典：球状黒鉛鋳鉄品の標準顕微鏡写真集：社団法人日本強靱鋳鉄協会改訂版)

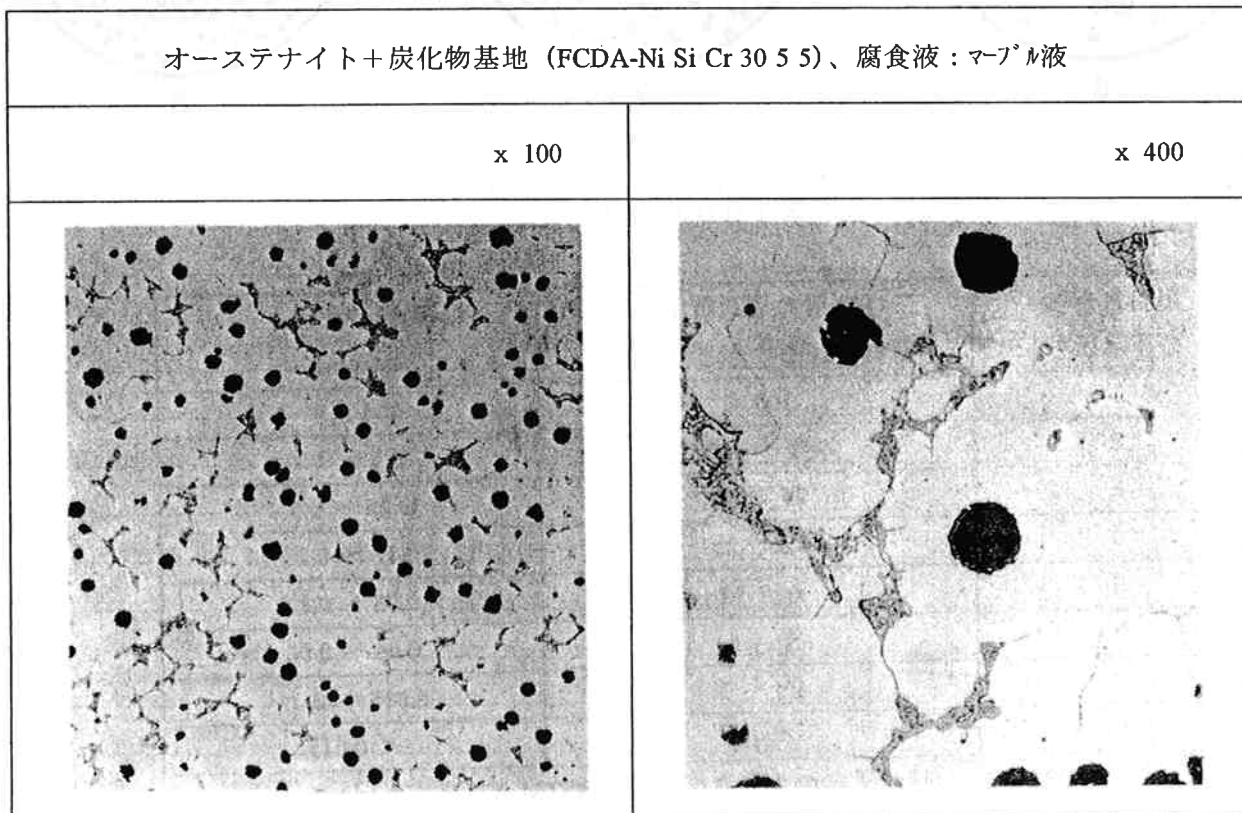
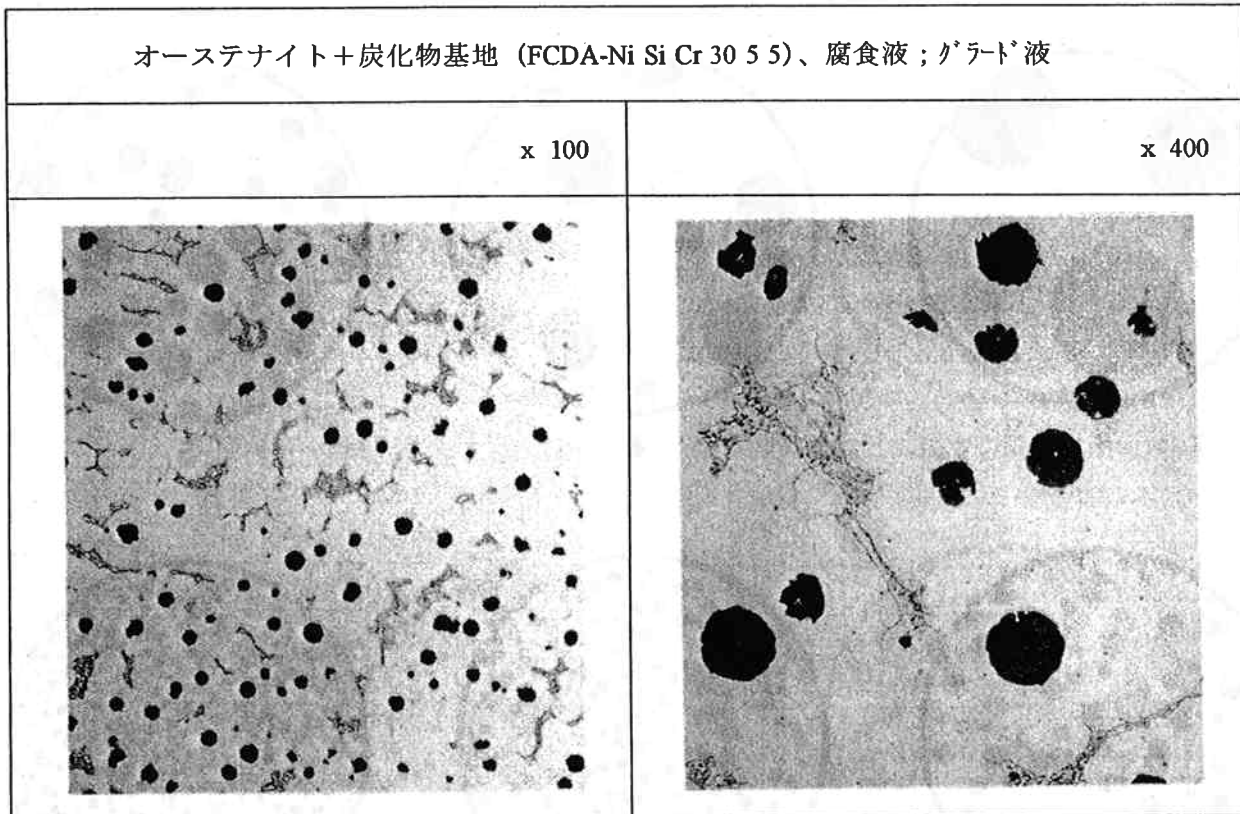


1.2-2.2.4 (9/10)

基地組織写真

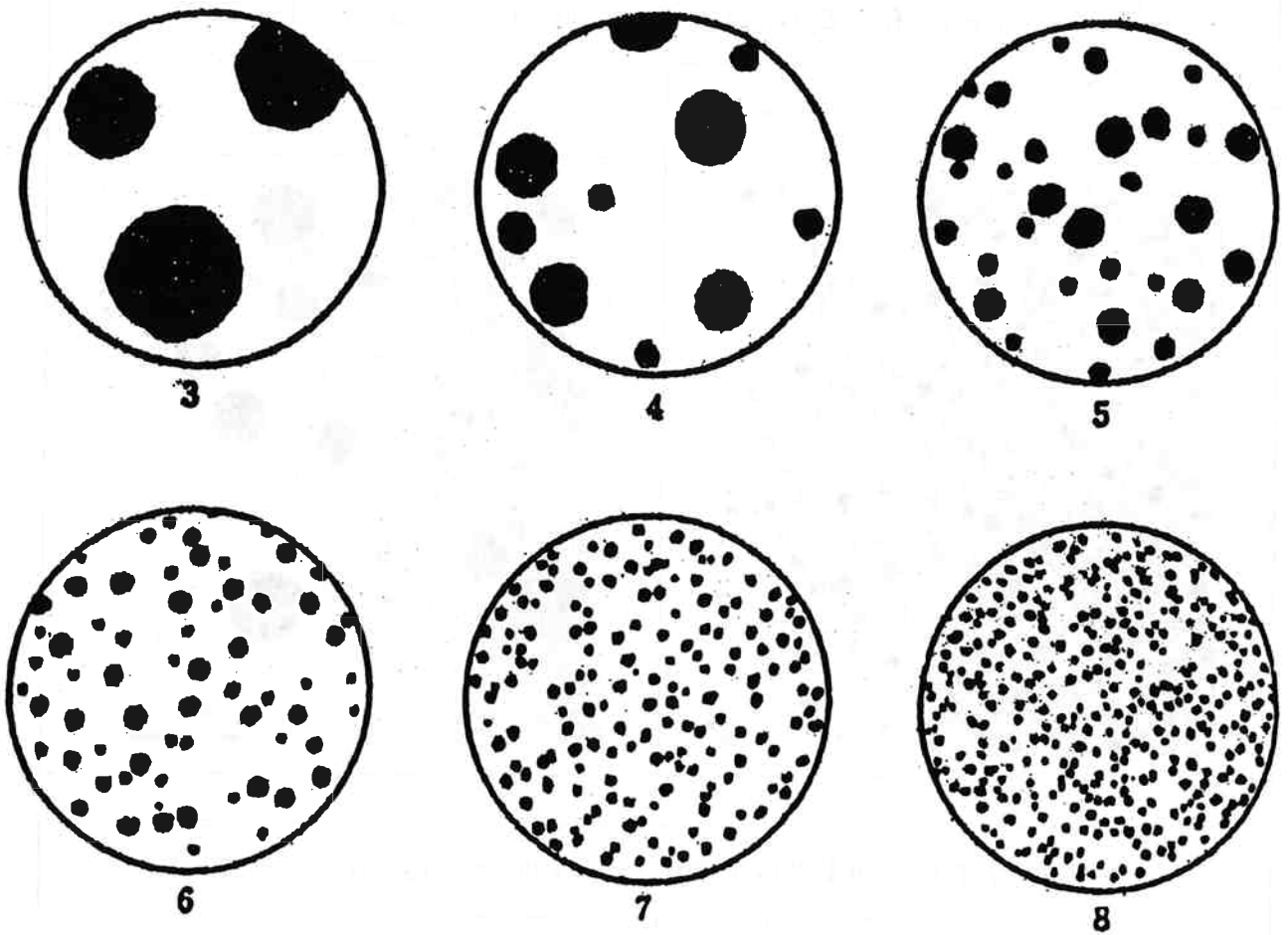
オーステナイト+炭化物基地 (2/2) ; 球状黒鉛系オーステナイト鉄、YプロックB号

(出典：球状黒鉛鉄品の標準顕微鏡写真集：社団法人日本強靱鉄協会改訂版)



1.2-2.2.4 (10/10)

参考資料 黒鉛粒の大きさ (ASTM A247)



X 100 (x2/3)

黒鉛大きさ の指示番号	100 倍の顕微鏡下で 観察される大きさ (mm)	実際の大きさ (mm)
1	100 <	1 <
2	50 ~ 100	0.5 ~ 1.0
3	25 ~ 50	0.25 ~ 0.5
4	12 ~ 25	0.12 ~ 0.25
5	6 ~ 12	0.06 ~ 0.12
6	3 ~ 6	0.03 ~ 0.06
7	1.5 ~ 3	0.015 ~ 0.03
8	< 1.5	< 0.015

図 2.2.4-1 球状黒鉛の大きさの分類 (ASTM A247)

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	銑鉄	1.2-3.1
		1/3

1. 適用範囲 キューボラ溶解作業に使用する主原料である銑鉄について規定する。
2. 銑鉄の種類 銑鉄は JIS G2202(1976)「鋳物用銑」に規定されている物とする。その他、国内メーカーの特殊製品及び海外品（カナダ、中国、ブラジル、北欧など）。
3. 化学成分 メーカーのミルシートを参考にする。海外品については入荷毎に試料を採取し分析することが望ましい。高延性が望まれるダクタイル鋳鉄製造には、Mn,P,S,Cr 等が低い JIS 3 種を使用することが望ましい。S はキューボラの熱源であるコークスから一部吸硫する。P もある種のコークス使用で増加するので注意すること。
4. 形 状 国産品は殆ど JIS に準じた形状で 2 ～ 10 kg 塊であるのでそのまま使用できる。海外品の一部 10 kg を越える物はキューボラの大きさに応じて小割にして使用する。
5. 表 示 JIS では「製品に製造業者の記号を鋳出ししなければならない。」と規定されている。

参考例

製造業者	鋳出し記号
新日本製鐵（株）	アルファベットの S が入った会社ロゴマーク
（株）神戸製鋼所	菱形中央に丸の入った会社ロゴマーク

参考資料 表 3.1-1 JIS G2202 (1976)鋳物用銑の種類

種 類			摘 要
1 種	1 号	A	ねずみ鑄鉄品に用いられる銑鉄で、品質水準によって1号及び2号に分ける。また、1号は、主としてSiの値によって、更にA,B,C及びDに区分する。
		B	
		C	
		D	
	2号		
2 種	1 号	A	可鍛鑄鉄品に用いられる銑鉄で、品質水準によって1号及び2号に分ける。また、1号は、主としてSiの値によって、更にA,B,C,D及びEに区分する。
		B	
		C	
		D	
		E	
	2号		
3 種	1 号	A	球状黒鉛鑄鉄品に用いられる銑鉄で、品質水準によって1号及び2号に分ける。また、1号は、Siの値によって、更にA,B,C及びDに区分する。
		B	
		C	
		D	
	2号		

形状：銑鉄は、ほぼ同じ形の塊であって 1 個の重量は、2 ～ 10 kg を標準とし、1 個の重量が 5 kg を越える塊は、3 kg 程度の小割りにでき、取り扱いに便利でなければならない。

1.2-3.1 (2/3)

参考資料

表 3.1-2 鋳物用鋁の化学成分 ; JIS G2202 (1976)

種 類			化 学 成 分 %					
			C	S i	M n	P	S	C r
1 種	1 号	A	3.40 以上	1.40 ~ 1.80	0.30 ~ 0.90	0.300 以下	0.050 以下	—
		B	3.40 以上	1.81 ~ 2.20	0.30 ~ 0.90	0.300 以下	0.500 以下	—
		C	3.30 以上	2.21 ~ 2.60	0.30 ~ 0.90	0.300 以下	0.500 以下	—
		D	3.30 以上	2.61 ~ 3.50	0.30 ~ 0.90	0.300 以下	0.500 以下	—
	2 号		3.30 以上	1.40 ~ 3.50	0.30 ~ 1.00	0.450 以下	0.800 以下	—
2 種	1 号	A	3.50 以上	1.00 ~ 2.00	0.40 以下	0.100 以下	0.040 以下	0.030 以下
		B	3.00 以上	2.01 ~ 3.00	0.50 ~ 1.10	0.100 以下	0.040 以下	0.030 以下
		C	3.00 以上	3.01 ~ 4.00	0.50 ~ 1.10	0.130 以下	0.040 以下	0.030 以下
		D	2.70 以上	4.01 ~ 5.00	0.50 ~ 1.30	0.130 以下	0.040 以下	0.030 以下
		E	2.50 以上	5.01 ~ 6.00	0.50 ~ 1.30	0.150 以下	0.040 以下	0.030 以下
	2 号		2.50 以上	1.00 ~ 6.00	1.35 以下	0.160 以下	0.045 以下	0.035 以下
3 種	1 号	A	3.40 以上	1.00 以下	0.40 以下	0.100 以下	0.040 以下	0.030 以下
		B	3.40 以上	1.01 ~ 1.40	0.40 以下	0.100 以下	0.040 以下	0.030 以下
		C	3.40 以上	1.41 ~ 1.80	0.40 以下	0.100 以下	0.040 以下	0.030 以下
		D	3.40 以上	1.81 ~ 3.50	0.40 以下	0.100 以下	0.040 以下	0.030 以下
	2 号		3.40 以上	3.50 以下	0.50 以下	0.150 以下	0.045 以下	0.035 以下

備考 (1) 1 種の Cr について、最大値を協定することができる。この場合の最大値は、0.10 % とする。

(2) 2 種の C 及び D の P について、最大値を 0.100 % に協定することができる。

(3) 3 種の Ti, As その他黒鉛の球状化を妨げる化学成分について、その含有量を協定することができる。

1.2-3.1 (3/3)

参考資料

特殊銑鉄の特徴（主に高延性が必要なダクタイル鋳鉄製造用に開発された物）

球状化阻害元素であるS、Ti、As、Sbなどを極力低減させた銑鉄である。MnやPは溶解時に低減処理できず、延性を害する。そのために高延性が必要なダクタイル鋳鉄製造時には、MnやPをより低下させたものを使用する。高強度が必要な場合は高目の方を使用し、足りない場合は必要なフェロアロイを添加すればよい。キュポラ溶解においてコークスからの吸硫のため、低Sのメリットは薄い。電気炉溶解においては非常に有効である。以下に国内製特殊銑鉄の代表的化学成分を示す。

表 3.1-3 ダクタイル用銑鉄化学成分（％）例（新日本製鐵株式会社カマタより抜粋）

種 類		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	As	
ダクタイル用銑 JIS G2202 3 種 1 号相当*	DUCA	4.60	0.80	0.18	0.069	0.023	0.025	0.060	0.002	
	DUCB	.55	1.20	0.18	0.069	0.023	0.025	0.060	0.002	
	DUCC	.40	1.60	0.18	0.069	0.023	0.025	0.060	0.002	
	DUCD	4.30	2.00	0.18	0.069	0.023	0.025	0.060	0.002	
低硫黄ダクタイル用銑		LSD**	4.60	0.80	0.18	0.069	0.023	0.025	0.060	0.002

※(*)表で種類 A,B,C,D の違いはCとS iに在りその他の元素はほぼ同じ含有量である。

(**)はDUCAのS%を更に低減した成分になっている。

表 3.1-4 高純度銑の実績化学成分（％）例（新日本製鐵株式会社カマタより抜粋）

種 類		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	V	As	Cu
高純度銑	DUCS-2	3.90	0.01	0.07	0.008	0.006	0.018	0.004	0.003	0.001	0.005
高純度銑	DUCS-3	3.95	0.01	0.13	0.015	0.006	0.018	0.004	0.003	0.001	0.005
		Sb	Ni	Sn	Pb	Mo	Zn				
	DUCS-2	0.001	0.012	0.001	0.001	0.001	0.003				
	DUCS-3	0.001	0.012	0.001	0.001	0.001	0.003				

※ DUCS-2 と DUCS-3 は Mn %及びP %に差がある。これらの銑鉄は V,Cu,Sb,Ni,Sn,Pb,Mo,Zn の含有量についても配慮され保証されている。

表 3.1-5 低P及び高純度ダクタイル用銑の化学成分（％）例（株式会社神戸製鋼所カマタより抜粋）

種 類	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ti
Pダクタイル用銑 F3-SP	4.00	0.05	0.10	0.020	0.012	< 0.01	0.012	0.004
純度ダクタイル用銑 F3-SPSS	3.95	0.01	0.07	0.007	0.004	<0.01	0.009	0.003

表 3.1-6 キャスタロイの化学成分（％）範囲（株式会社神戸製鋼所カマタより抜粋）

種 類	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti
キャスタロイ F3-EP 銑	3.70 ≤	0.80 ～ 1.20	≤ 0.15	≤ 0.025		0.030	≤ 0.015

※ダクタイル鋳鉄溶解作業にマスターアロイの考えが導入されている。生産性が上がり、材質および成分管理などが容易になると記されている。

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	鋼 ク ズ	1.2-3.2
		1/2

1. 適用範囲 キューボラ溶解に使用する鋼クズについて規定する。

2. 種 類

2.1 鋼クズは炭素鋼クズを使用するものとする。

2.2 特殊鋼クズおよびクロムメッキなどをほどこした鋼クズは原則として使用しない。

2.3 錆、泥の多い物、鉄線、薄板は使用しないことが望ましい。

3. 化学成分

3.1 一般に使用される鋼クズの化学成分を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 鋼クズの化学成分 (wt%)

C	S i	Mn	P	S	C r	C u
0.1～0.8	0.1～0.4	0.4～0.8	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤0.2

3.2 化学成分が未知である鋼クズは、その都度分析し、有害元素（チルや炭化物を作ったり助長させる元素、特にダクタイル鋳鉄では黒鉛球状化阻害元素）の混入を避けることが望ましい。

4. 形 状 一般に使用される鋼クズの形状は誘導炉の内径に応じて表 3.2-2 に示されるものを参考にする。

表 3.2-2 鋼クズの形状 (参考例)

キューボラ内径 ㎜	長さ ㎜	幅 ㎜	厚さ ㎜	径 ㎜
500～ 750	50～150	20～ 80	3～20	—
	50～150	—	—	5～30
750～1000	75～200	25～100	3～35	—
	75～200	—	—	10～50
1000～1250	100～300	30～150	3～50	—
	100～300	—	—	10～80

5. 保 管 防錆に注意し、屋内に保管する。

参考資料

鋼クズ分類基準：JIS G 2401(1979)（鉄クズ分類基準）抜粋

1. 溶解用鋼クズの種類（JIS G 2401）

溶解用鋼クズは、その品質と形状によりつぎの種類にわけらる。

A種 炭素鋼クズ

B種 低銅炭素鋼クズ（Cu 0.20%以下）

C種 低リン・低硫・低銅炭素鋼クズ（P 0.025%以下，S 0.025%以下，Cu 0.15%以下）

D種 合金鋼クズ

E種 雑用鋼クズ

甲 類

特1号 厚サ6mm以上，長サ600mm以下，幅または高サ400mm以下で，重量600kg以下のもの。

特2号 厚サ3mm以上6mm未満，長サ600mm以下，幅または高サ400mm以下のもの。

1号 厚サ6mm以上，長サ1200mm以下，幅または高サ500mm以下で，重量1000kg以下のもの。

2号 厚サ3mm以上，6mm未満，長サ1200mm以下，幅または高サ500mm以下のもの。

3号 厚サ3mm未満，長サ1200mm以下，幅または高サ500mm以下のもの。

乙 類 切断によつて容易に以上の形状のいずれかになりうるもの。

丙 類 プレス品

1号 裁断プレス品

2号 スズ抜キプレス品

3号 普通クズ プレス品

4号 ダライプレス品

丁 類 鋼ダライ粉

溶解作業（誘導炉／キューポラ） 原材料・副資材	銑　ク　ズ （故　銑）	1.2-3.3
		1/2

1. 適用範囲 キュポラ溶解に使用する銑クズ（故銑）について規定する。
2. 種 類 銑クズは良品のものを選定し燃焼部に使用された酸化程度の甚だしい銑クズ、合金鑄鉄クズおよび機械部品クズ中の非鉄金属を使用してはならない。
3. 化学成分 銑クズは分析して使用することが望ましいが止むを得ざる場合は、それが如何なる機種の鑄物であったかを調査し、または破面組織によってその化学成分の概要を推定すべきである。
CE が高い場合その破面は粗く黒い、白銑やチルが認められる物は Si が非常に低いか白銑化元素（Mn, Cr, P, V 等）をかなり含有している。また、顕微鏡組織を観察することも一つの方法である。

参考例 銑クズの化学成分（％）

	C	Si	Mn	P	S
薄肉 20mm 以下	3.5 以上	1.8~2.4	0.6	0.3~0.4	約 0.08
厚肉 " 以上	3.1~3.3	1.5~1.7	0.6	0.2	0.10
ス ト ー プ 類	3.3~3.5	2.0~2.2	0.6	0.25	0.08
チルドロール	約 3.5	0.7~0.9	0.6	0.5~0.7	0.10
一般機械小物	3.3~3.5	1.5	0.6	0.25	0.08
" 大物	3.0~3.2	1.3	0.6	0.15	0.10
内 燃 機 部 品	2.9~3.1	1.3~1.6	0.8	0.15	0.08
シ リ ン ダ	3.0~3.2	1.4~1.5	0.8	0.15	0.08
ピストンリング	3.4~3.6	1.8~2.5	0.8	0.6	0.08
家 庭 用 品	約 3.5	2.0~2.5	0.5	0.3	0.10
チルド車輪	3.4~3.6	0.8~1.0	0.5	0.25	0.08
インゴットケース	3.6~3.7	1.5~1.7	0.5	0.25	0.08
鑄 鉄 管	3.4~3.6	1.5~1.8	0.5	0.25	0.08
パ ル プ 類	約 3.3	2.0	0.5	0.3~0.4	0.08
排 水 管	" 3.5	1.8~2.0	0.5	0.15~0.2	0.08
ブレーキシュー	3.0~3.2	1.4~1.5	0.5	0.2~0.6	0.10
フライホイール	約 3.2	2.0~2.1	0.5	0.15	0.10
ブ ー リ ー	3.4~3.6	1.8~2.0	0.5	0.2	0.08
黒心可鍛鑄鉄	2.5~2.9	0.9~1.0	0.3	約 0.10	0.05
白心可鍛鑄鉄	1.0 以下	0.6~0.8	0.3	0.15	0.15

溶解作業（誘導炉／キューポラ） 原材料・副資材	戻りクズ （自社発生品）	1.2-3.4
		1/1

1. 適用範囲 鑄鉄の製造を目的とするキューポラ溶解に使用する戻りクズについて規定する。
2. 種類 自社発生の湯口、湯道、押し湯および不良品などである。バリクズや湯玉のような細かい物および砂、ゴミ、錆の付着している物は原則として使用しない。
3. 化学成分 化学成分は明らかであるのでそれに基づいて配合して使用する。
4. 形状 銑クズと同様である。
5. 管理 材質別に管理すること。ねずみ鑄鉄とダクタイル鑄鉄、ダクタイル鑄鉄でも高延性品と高強度品、そして合金鑄鉄など。特にねずみ鑄鉄品は高S %の場合が多くダクタイル鑄鉄に混入すると球状化不良を起こすので注意すること。

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	銑ダライ （自社発生品）	1.2-3.5
		1/1

1. 適用範囲 鑄鉄の製造を目的とするキューボラ溶解に使用する銑ダライについて規定する。
2. 種類 比較的粗く異物の混入してない良質な物、水分の含んでいない物、必要以上に油がしみ込んでいない物、錆のない物、鋼や非鉄ダライが混入していない物などを原則として使用する。安価だからと言って素性の知れない物は使用してはならない。
3. 化学成分 化学成分を知って使用することが望ましい。発生工場での切削材質をつかんでいなければならない。
4. 管理 推定または判別された化学成分が類似した物毎に分類して管理すること。湿気、防錆に注意し屋内に保管すること。

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	フェロアロイ	1.2-3.6
		1/4

- 適用範囲 鑄鉄の製造を目的とする溶解作業に使用するフェロアロイについて規定する。
- 種類 溶解には原則としてフェロシリコン（Fe-Si）およびフェロマンガ（Fe-Mn）を使用する。その他強度や硬度調整のため前炉や取鍋でフェロクロム（Fe-Cr）、フェロモリブデン（Fe-Mo）等が添加される。その他ニッケル、銅、スズ、アンチモン等の金属が添加され要求される機械的、物理的性質を作り出している。
今日、国内で製造される物は無く、殆どが海外品である。フェロアロイに精通している信頼できる業者から購入するのが望ましい。
- 化学成分 業者などが添付する分析表をチェック、必要に応じて自分で分析などを行い化学成分の明らかなフェロアロイを使用すること。
- 形状
 - フェロアロイは添加方法により次の示す大きさの物を使用する。
炉添加：20～100mm、 桶及び取鍋添加：2～8mm
 - 炉添加の場合はブリケット状のフェロアロイを使用しても良い。
- 管理 種類毎に整理して屋内に保管。その際包装に添付されている分析表を紛失しないように注意すること。

参考資料

(1) フェロシリコン

JIS G2302 に化学成分などが規定されているが、現在国内での生産はほとんど無く中国、ブラジル、アフリカ、カナダ、北欧などから輸入されている。外観やサイズ、メーカーや業者の添付する分析表を必ずチェックすること。必要ならばSi、Ca、Al、P、Sなどを分析すること。外観上ノロの多い物や気泡の多い物は原則として使用しないのが望ましい。

表 3.6-1 化学成分（JIS G2302）

種 類		記 号	化 学 成 分 %			
			Si	C	P	S
フェロシリコン	1 号	FSi 1	88～93	0.2以下	0.05以下	0.02以下
	2 号	FSi 2	75～80	0.2以下	0.05以下	0.02以下
	3 号	FSi 3	40～45	0.2以下	0.05以下	0.02以下
	4 号	FSi 4	25～30	0.8以下	0.10以下	0.10以下
	5 号	FSi 6	14～20	1.3以下	0.05以下	0.06以下

1.2-3.6 (2/4)

(2) フェロマンガ (JIS G 2301)

表 3.6-2 化学成分 (%)

種 類		記 号	化 学 成 分 (%)				
			Mn	C	Si	P	S
高炭素フェロマンガ	0 号	FMnH 0	78~82	7.5以下	1.2以下	0.40以下	0.02以下
	1 号	FMnH 1	73~78	7.3以下	1.2以下	0.40以下	0.02以下
	2 号	FMnH 2	73~78	7.0以下	3.0以下	0.40以下	0.02以下
中炭素フェロマンガ	0 号	FMnM 0	80~85	1.5以下	1.5以下	0.40以下	0.02以下
	2 号	FMnM 2	75~80	2.0以下	2.0以下	0.40以下	0.02以下
低炭素フェロマンガ	0 号	FMnL 0	80~85	1.0以下	1.5以下	0.35以下	0.02以下
	1 号	FMnL 1	75~80	1.0以下	1.5以下	0.40以下	0.02以下

(3) フェロクロム (JIS G 2303)

表 3.6-3 化学成分 (%)

種 類		記 号	化 学 成 分 %				
			Cr	C	Si	P	S
高炭素フェロクロム	1 号	FCr H1	65~70	6.0 以下	1.5以下	0.04以下	0.08以下
	2 号	FCr H2	60~65	6.0 以下	2.0以下	0.04以下	0.08以下
	3 号	FCr H3	60~65	8.0 以下	2.0以下	0.04以下	0.06以下
	5 号	FCr H5	55~60	8.0 以下	8.0以下	0.04以下	0.05以下
中炭素フェロクロム	3 号	FCr M3	60~65	4.0 以下	3.5以下	0.04以下	0.05以下
	4 号	FCr M4	55~60	4.0 以下	3.5以下	0.04以下	0.05以下
低炭素フェロクロム	1 号	FCr L1	65~70	0.10以下	1.5以下	0.04以下	0.03以下
	2 号	FCr L2	60~65	0.03以下	1.0以下	0.03以下	0.03以下
	3 号	FCr L3	60~65	0.06以下	1.0以下	0.04以下	0.03以下
	4 号	FCr L4	60~65	0.10以下	1.0以下	0.04以下	0.03以下

1.2-3.6 (3/4)

(4) シリコマンガ (JIS G 2304)

表 3.6-4 化学成分 (%)

種 類			M n	S i	C	P	S
シリコマンガ	0 号	SiMn 0	65 ~ 70	20 ~ 25	1.5 以下	0.30 以下	0.05 以下
	1 号	SiMn 1	65 ~ 70	16 ~ 20	2.0 以下	0.30 以下	0.02 以下
	2 号	SiMn 2	60 ~ 65	16 ~ 20	2.0 以下	0.30 以下	0.03 以下
	3 号	SiMn 3	60 ~ 65	14 ~ 18	2.5 以下	0.30 以下	0.03 以下

(5) フェロモリブデン (JIS G 2307)

表 3.6-5 化学成分 (%)

種 類	記号	M o	C	S i	P	S	C u
高炭素 ^{フェロ} モリブデン	FMoH	55.0 ~ 65.0	6.0 以下	3.0 以下	0.10 以下	0.2 以下	0.50 以下
低炭素 ^{フェロ} モリブデン	FMoL	60.0 ~ 70.0	0.1 以下	2.0 以下	0.06 以下	0.10 以下	0.50 以下

(6) フェロバナジウム (JIS G 2308)

表 3.6-6 化学成分 (%)

種 類			V	C	S i	P	S	A l
シリバナジウム	1 号	FV 1	75.0 ~ 85.0	0.2 以下	2.0 以下	0.10 以下		4.0 以下
	2 号	FV 2	45.0 ~ 55.0	0.2 以下	2.0 以下	0.10 以下		4.0 以下

(7) カルシウムシリコン (JIS G 2314)

表 3.6-7 化学成分 (%)

種 類			C a	S i	C	P
カルシウムシリコン	1 号	CaSi 1	30 以上	55 ~ 65	1.0 以下	0.10 以下
	2 号	CaSi 2	25 ~ 29	55 ~ 65	1.0 以下	0.10 以下

(8) 国産ミッシュメタル (' 9 8 新金属データブック : 金属時評)

表 3.6-8 代表的分析例 (%)

	REM	Fe	Mg	Al,Si,etc.
ミッシュメタル	98	1.0	0.5	0.5

表 3.6-9 ミッシュメタル REM 中の RE 成分比 (%)

	Ce	Nd	Pr	La	その他の RE
RE	45 ~ 50	14 ~ 18	4 ~ 6	22 ~ 30	3 ~ 5

(9) 各種フェロアロイの溶解温度範囲

表 3.6-10 各種フェロアロイの溶解温度範囲と密度

鑄造技術データブック (日刊工業: Metaux et Alliages d' Addition)

種 類	溶解温度範囲 (℃)	密 度	種 類	溶解温度範囲 (℃)	密 度
Fe-Si			Ni Ni99.5%	1450	8.8
15%Si	1220~1250		Fe-Mo		
20%Si		6.70	C0.1%以下Mo約70%	約2000	—
45%Si	1215~1306	4.87	C1.0% " Mo" 70%	" 1900	—
75%Si	1210~1315	3.031	C0.05% " Mo" 71.5%	—	9.39
90%Si	1210~1380		C0.66% " Mo" 73.4%	—	9.38
95%Si		2.32	Fe-W		
金属Si 98%Si	1440	2.3	C1.0 %以下W約80%	2000以下	—
Fe-Mn			C0.76% " W約83.4%	—	15.35
C1%以下 90%Mn	約1270	7.25	Fe-V 低炭素		
80%Mn		7.50	V 約60%	約1480~1530	—
スピーゲル 10%Mn		7.60	V 約80%	" 1580~1620	—
金属Mn 95~96%Mn	約1240	7.2	V 83.46%	—	6.21
Fe-Si-Mn			Fe-Ti		
15~25%Si			Ti20~25%	—	5.94
65~75%Mn	1075~1320		Ti36~40%	—	5.11
高炉用Fe-Mn	1070~1265		Fe-Zr		
Fe-Cr			Zr 44%	—	5.86
C0.2%以下Cr約68%	1520~1600	7.1	Si-Zr		
C0.5% " Cr" 68%	1500~1580	7.18	Si65%, Zr 15%	約1350	3.37
C0.7% " Cr" 60%	1470~1530	7.33	Fe-Si-Zr		
C1.0% " Cr" 62%	1470~1530	7.27	Si40~50%	—	—
C2.0% " Cr" 64%	1460~1500	7.21	Zr35~40%	1260~1345	—
C3.0% " Cr" 66%	1470~1540	7.23	Ca-Si		
C4.0% " Cr" 68%	1450	7.06	Ca 30~32%	—	—
C6.0% " Cr" 70%	1460~1470	6.98	Si 60~65%	980~1200	—
C8.0% " Cr" 72%	1350~1480	6.50	Fe-Ta-Nb		
C9.0% " Cr" 72%	1150~1420		Ta 7.22%	—	—
C5.5% " 7%Si			Nb 65.36%	—	7.29
66%Cr	1250~1340		金属Co		
金属Cr			Co97~98%	1490	約8.5
Cr約99%	1830	7.1	金属Bi	270 (沸点1430)	9.78

溶解作業（キューボラ） 原材料・副資材	コークス	1.2-3.7
		1/1

1. 適用範囲 鑄鉄の製造を目的とするキューボラ溶解に使用するコークスについて規定する。
2. 種類 良質の鑄物用コークスを使用する。
今日、一部中国などからの海外品が使用されている。海外品はキューボラ溶解に精通している信頼できる業者から購入するのが望ましい。
3. 品質 鑄鉄の溶解用として用いるコークスの品質を表 3.7-1 に示す。

表 3.7-1 コークスの品質

固定炭素%	灰分%	揮発分%	硫黄%	落下強度
90以上	9.0以下	1.5以下	0.8以下	90以上

4. 粒度

4.1 コークスの粒度はキューボラの内径に応じて表 3.7-2 に示す物を参考として使用する。

表 3.7-2 コークスの粒度（参考）

キューボラ内径	粒度
500～750	60～90
750～1000	90～120
1000以上	120以上

4.2 ベッドコークスは4.1の粒度内で大塊のものを選んで使用することが望ましい。

5. 保管 雨水のかからぬ場所に保管すること。

溶解作業（キュボラ） 原材料・副資材	造 滓 材	1.2-3.8
		1/2

1. 適用範囲 鑄鉄の製造を目的とするキュボラ溶解に使用する造滓材について規定する。
2. 種 類 石灰石、珪石、ほたる石などキュボラ操作中に作られるスラグの流動性（塩基度）を調整するために炉頂より添加される物。
3. 品 質
 - 3.1 石灰石 : 晶質均等にして炭酸カルシウム (CaCO_3) 分 95% 以上
 - 3.2 ほたる石 : 天然ほたる石で、ふっ化カルシウム (CaF_2) 分 88~94%
 - 3.3 珪 石 : 天然珪石で、を SiO_2 分 95% 以上のもの。
4. 形 状 20~60 mm 程度の塊状がよく、出来るだけ粒度のそろった物を使用することが望ましい。
5. 管 理 種類毎に整理して屋内に保管。土砂その他の物が付着または混入しない場所に保管すること。
6. そ の 他
 - ・石灰石 : スラグの塩基度を上げ流動性を向上させる。投入量は 2~3% が標準。
塩基度を上げねずみ鑄鉄からダクタイル鑄鉄へ操業を移行するときにも添加される。
 - ・ほたる石 : 石灰石同様な役割を持つが、同じ塩基度ならばほたる石を添加した方が流動性が上がる。
 - ・珪 石 : スラグの塩基度を下げ、流動性を下げるが、Si の溶解歩留まりを上げる。
標準投入量は 1~1.5%。塩基度を下げてダクタイル鑄鉄からねずみ鑄鉄へ操業を移行するときにも添加される。

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	脱 硫 剤	1.2-3.9
		1/2

1. 適用範囲 鑄鉄の製造を目的とするキューボラや誘導炉溶解で得られた高硫黄溶湯を低硫黄溶湯にするために使用される脱硫剤について規定する。
2. 種類 苛性ソーダ (NaOH)、カルシウムカーバイド (CaC₂)、炭酸ソーダ（ソーダ灰：Na₂CO₃）、生石灰 (CaO)、石灰石（炭酸カルシウム：CaCO₃）とこれらの混合物。
3. 特徴 脱硫剤とその特徴について表 3.8-1 に示す。

表 3.8-1 脱硫剤とその特徴

脱硫剤		特 徴
カセイソーダ	NaOH	人体に有害で使用されていない。
ソーダ灰	Na ₂ CO ₃	比較的低温でも脱硫するが火災と煙が発生，スラグは流動性が大きく耐火物の侵蝕大。
生石灰	CaO	融点が高く，脱硫反応時間が長いので効率が少し悪い。 (粉末使用が多い)
石灰石	CaCO ₃	脱硫効率は低く，溶湯温度を著しく低下させる。
カルシウムカーバイド	CaC ₂	煙の発生も少なく，Si 摩耗もなく，温度低下も少ない。 ソーダ灰より脱硫力は小さい。
石灰窒素	CaCN ₂	窒化物の接種作用で材質改善ができるが，溶湯中に N ₂ ガス含有量増で，ピンボールの発生原因になる。

4. 粒 度 0～4 mm 程度の粉状。
5. 保管 人体に有害な苛性ソーダを始め水と反応してアセチレンガスを出すカルシウムカーバイド、発熱する生石灰などメーカーの指示に従った保管が必要である。

1.2-3.9 (2/2)

参考資料

脱硫方法：

溶湯中の硫黄（S）は硫化鉄（FeS）、硫化（MnS）として存在している。従って脱硫反応はカルシウムカーバイドの場合、「 $\text{CaC}_2 + \text{FeS (MnS)} \rightleftharpoons \text{CaS} + \text{Fe (Mn)} + 2 \text{C}$ 」の様に進行する。この反応は溶湯上では可逆性があるので処理後脱硫滓は出来るだけ早く分離すべきである。

各種脱硫方法の特徴を表 3.8-2 に示した。脱硫の目安は溶湯中の S 含有量を 0.01～0.03 wt % にすることである。これは、黒鉛球状化処理を効率よく行うためである。過剰に低くすると製品に逆チルが発生する場合があるので注意すること。

操業条件は、使用脱硫剤および脱硫方法により脱硫力に差があるので自社で実験し確認する事が望ましい。

表 3.8-2 主な脱硫方法とその特徴

方 法	概 要	特 徴
置き注ぎ法	取鍋底に脱硫剤を置き注湯する。	簡単であるが、脱硫率劣る。
ポーラスプラグ法	取鍋底の多孔質プラグから N_2 ガスを吹き込み、表面添加した脱硫剤入り溶湯を噴射攪拌する。	脱硫効率は良いが、温度下降が多い。 連続法もある。
連続攪拌法	キューボラの撻先又は前炉の中の溶湯に脱硫剤を加え、棒で機械的に攪拌し、連続的に脱硫する。	キューボラ用に適する脱硫率はやや劣るが、温度下降が少ない。
インジェクション法	粉状の脱硫剤を N_2 ガスなどで溶湯中に吹込む。	脱硫率はよい。温度下降大
振動取鍋法	偏芯回転台上で、取鍋を回転振動し、脱硫剤入り溶湯を攪拌する。	500 kg～1 t 以上溶湯を処理するのに適す。脱硫率は良好。

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	接 種 剤	1.2-3.10
		1/3

1. 適用範囲 鋳鉄の製造に使用される接種剤について規定する。
2. 目 的 チルの防止、肉厚感受性の低減、機械的性質の改善（引張強さ、硬さ、延性など）に使用される。その使用目的に対応した接種剤が市販されている。また、
3. 種 類 目的に合わせた化学成分、サイズ、形状などを有する各種接種剤がある。
 - ・化学成分では、汎用接種剤：50%Fe-Si、75%Fe-Si、Ca-Si そして黒鉛など、さらに接種効果がある元素 Ca、Al 含有量を最適に管理させた物、Ba、Zr、Sr、Bi、RE などの元素を含有させた黒鉛化促進（チル防止）強力接種剤が、また Mn、Cu、Sn、Mo、Sb などのパーライト化安定化元素を含有する接種剤が市販されている。
 - ・サイズは置き注ぎ法では処理量に合わせて 0.4 ～ 3mm、2 ～ 8mm のサイズ品が、注湯流接種では、0.2 ～ 0.8mm 品を、ワイヤー接種では厚さ 0.2 ～ 0.4mm の鉄皮で接種剤を巻き込んだ 5 ～ 10 φ のワイヤー、そして鋳型内接種では一枠の鋳込み重量に対応させた重量の固形接種剤が市販されている。
4. 品 質 化学成分、サイズ、外観、荷姿、重量などをチェックする。
5. 保 管 水濡れの無い場所、種別毎に管理すること。
6. そ の 他
 - ・接種剤の選択は使用目的を明確にし、製品の化学成分および工場の設備（溶湯処理重量、接種時期、接種場所、接種方法）などを十分に考慮して最適な接種剤を選択しなければならない。
 - ・添加量は注湯流及びワイヤー接種：0.1wt%、取り鍋接種：処理溶湯量の 0.3 ～ 0.6wt% が一般的である。しかし接種条件はそれぞれの工場の操業条件、製品などにより異なるので、実験して決めるのが望ましい。添加量は少ないと効き目が無く、多すぎると材質劣化、ノロ発生、温度低下などの原因となる。
 - ・接種効果のフェーディング；チル防止、機械的性質の改善などの効果は、処理後の時間経過と共に消失する。効果の認められる時間内に注湯を終了すること。
 - ・接種剤を酸化させないこと、接種処理温度は 1,350 °C 以上が望ましい。

参考資料

接種剤の目的別選択例を表 3.10-1 に示す。

表 3.10-1 接種剤の目的別選択例

目 的		接 種 剤	備 考
チル防止 (FC,FCD)		黒鉛化促進接種剤	コーナー、エッジ、薄肉部、逆チルなど
機械的性質 の改善	高強度 (FC)	パーライト安定化接種剤	どの接種剤でも使用できる。
	高強度 (FCD)	パーライト安定化接種剤	Sb など球状化阻害元素を含む物は不可
	高延性 (FCD)	黒鉛化促進接種剤	少量で効果ある物あるいは方法を採用する。
顕微鏡組織均一化 (FC,FCD)		双方とも使用可	製品の種類、形状に合わせて選択する。

考資料

表 3.10-2 各種接種剤の化学組成

表中、Si 系は Fe-Si 系、Ca 系は Ca-Si 系、接種剤の品名は数字で表示、
黒鉛化は黒鉛化促進効果を、安定化はパーライト安定化を意味します。

	No.	Si	Al	Ca	そ の 他		添加量	黒鉛化	安定化	備考
Si 系	1	46.29	2.09	0.87	Ba<1		0.2~0.4	○		○●
	2	49.29	0.62	0.52	Ba<1		〃	○		●
	3	47.30	0.54	0.45			〃	○		
	4	63	1.5	1.0	10 Ba			○		○●
	5	75.42	2.12	1.17	0.015 Mg		0.2~0.4	○		
	6	50.08	1.42	0.36	0.33 Mg 18.85 Sb 0.16 Cr 0.08 Mn		0.07~0.08		○	
	7	37.02	1.78	0.37	2.41 Mg 0.02 Sb 3.47 Cr 0.05 Mn		0.1~0.3		○	○
	8	73.5	0.55	1.9	0.28 Ba		0.2~0.4	○		○●
	9	45.52	1.82	0.36	0.73 Mg		0.2~0.5	○		
	10	74.60	2.32	1.05	0.24 Mn			○		●
	11	75.49	2.06	0.57	0.40 Mn			○		
	12	77.75	2.04	1.33	0.022 Mg		0.2~0.4	○		●
	13	51.9	1.61	2.25	0.285 Mg 6.7 Zr 6.1 Mn		0.2~0.3	○	○	
	14	74.43	0.34	0.14	0.005 Mg 0.9 Sr		0.1~0.3	○		●
	15	76.94	1.24	2.67	0.052 Mg ? Zr		0.2~0.8	○		●
	16	53.48	1.84	4.02	0.33 Mn 5 Ba			○		○●
	17	35.06	—	—	10 Ce 13 R.E.			○		
Ca 系	18	46.11	1.38	12.26	0.038 Mg		0.1	○		
	19	48.38	1.84	10.97	0.278 Mg 19.5 Ba		0.1~0.3	○		○●
	20	55.46	0.37	27.75				○		●
	21	53.86		5.23	10.04 Ti			○		
	22	49.6		16.5	18.1 Ba			○		○
	No.	Si	Al	Ca	C	そ の 他	添加量	黒鉛化	安定化	備考
C 系	23	32.88	0.20	0.35	45.21	0.0003 Mg 0.009 Na	0.1~0.15	○		●
	24	32.76	0.86	1.86	44.20	0.006 Mg 0.008 K 0.56 Na	〃	○		●
	25	39.37	0.26	1.63	38.32	0.004 Mg 0.005 Na	0.2	○		●
	26	26.08	0.30	0.09	62.62	0.004 Mg 0.10 Mn 0.021 Na	<0.3	○		●
	27	33.35	0.46	0.44	51.01	0.007 Mg R.E 0.006 Na	0.1~0.2	○		●

注 備考の○印は機械的性質に、●印はチル化防止に有効であることを示す。

表 3.10-3 海外の特殊接種剤

名 称	化学成分 (代表値) (%)				
	Si	Ca	Al	他	Fe
カルシロイ (Calsiloy)	56.00	15.00	1.00	—	Bal.
グラフィドックス (Graphidox)	52.50	6.00	1.10	(Ti) 9.50	Bal.
イノキュロイ 63 (Inoculoy 63)	62.50	2.75	1.10	(Mn) 10.00 (Ba) 5.0	Bal.
CSF-10	38.00	0.50	0.50	(Ce) 12.00 (その他 RE) 3.00	Bal.
スーパーシード (Supersseed)	73~78	0.1 Max	0.5 Max	(Sr) 0.6~1.0	Bal.
スーパーシード 50	45~50	"	"	"	Bal.
SMZ 合金	60~65	0.75~ 1.25	2.0~3.0	(Mn) 5.0~7.0 (Ba) 2.0~3.0 (Zr) 5.0~7.0	Bal.
バクソン D (Vaxon D)	46.0~ 50.0	0.60~ 0.90	0.5~ 1.25	(Mg) 1.0~1.5	Bal.
ZL 80	75~80	2.5	1.5 Max	(Zr) 1.5	Bal.
ジャーマロイ (Germalloy)	72	Tr	4.5~5.0	(Mg) Tr	Bal
OG-Alloy	48.0~ 52.0	4.0~5.5	1.0~1.5	(Mg) 4.0~5.0 (Ti) 8.5~10.5 (Ce) 0.30~ 0.40	Bal.

溶解作業（誘導炉／キューボラ） 原材料・副資材	黒鉛球状化剤	1.2-3.11
		1/3

- 適用範囲 ダクタイル鋳鉄製造に使用する黒鉛球状化剤について規定する。
- 種類 金属Mg（マグネシウム）、Ni-Mg（ニッケルマグネシウム）、Fe-Si-Mg（フェロシリコン・マグネシウム）、Fe-Si-Mg-RE（フェロシリコン・マグネシウム・レアース）、Fe-Si-Mg-RE-Ca（フェロシリコン・マグネシウム・レアース・カルシウム）などの合金及びKC剤、OZ剤などのフラックス。
その他、鋳型内球状化处理用合金、ワイヤー球状化剤、キャンディーMgなどの処理方法に使用される球状化剤がある。
- 化学成分 メーカー添付の分析表：Mg、RE※、Ca、Si、Alなどの分析値。
※RE（レアース）は希土類元素の総称。ここで使用されているREは低セリウム（Ce）含有品で構成する元素とその割合は以下のようになっている。
Ce：50wt%、La：30wt%、Nd：12wt%、Pr：4wt%
- 形状 1～16，1～20，5～30mmの粒状
- 添加量 処理溶湯の硫黄含有量、処理溶湯量、処理温度、処理トリベ形状、使用球状化剤のMg含有量などにより決定される。
一般的に25mm肉厚Yブロックで0.03wt%の残留Mg含有量が基準である。
- 保管 水濡れ、火気厳禁、
- その他 黒鉛球状化元素であるMgの沸点が低いので処理時に激しい反応が生じる。反応の強さは球状化剤のMg含有量及び処理温度にほぼ比例し、Mg歩留まりは低下する。
処理後は、Mgの消耗と黒鉛の球状化が崩れるフェーディング現象が現れるので、効果のある内に速やかに注湯を終了すること。フェーディング時間は実験により決定し、これを越えた処理溶湯は鋳型に注いではない。球状化不良の危険性がある。

参考資料

球状化剤を構成する元素の性質

表 3.11-1 Mg、Ca、Ce及びSiの溶融点、沸騰点及び蒸気圧

	溶融点 ℃	沸騰点 ℃	蒸気圧 (atm)	
			1300℃	1500℃
マグネシウム(Mg)	648.8	1090	3.96	11.7
カルシウム(Ca)	838	1480	0.37	1.62
セリウム(Ce)	799	3426	—	—
シリコン(Si)	1410	2355	—	—

1.2-3.11 (2/3)

参考資料

表 3.11-2 黒鉛球状化剤の組成及び使用方法

種 類	純 Mg インゴット (金属 Mg、メタ Mg)
化学組成	Mg:99.9%
使用方法	・ GFコバート法 : 特許、特殊処理取鍋使用 ・ 圧力添加法 : 特許、5atm 程度に加圧された装置内で球状化处理する。 ・ プランジヤー法 : ベル型容器に必要な量の Mg を詰めた後、装置にて溶湯中に押込む。 ・ キャンディ法 : プランジヤーの改良法
備 考	高 S 含有溶湯の無脱硫球状化处理が出来る。装置の導入及びメンテナンスが必要。処理後の反応生成物は、塩基性でサラサラし、比較的少ない。

種 類	Mg コアド・ワイヤー
化学組成	Mg:20 ~ 97% Mg パウダーと Fe-Si, Ca-Si, RE 等のパウダーの混合物を厚さ 0.25 ~ 0.4mm の鉄皮で巻いた外径 5, 9, 13 φ 程度のワイヤー
使用方法	ワイヤー球状化法
備 考	高 S 含有溶湯の無脱硫球状化处理が出来る。装置の導入及びメンテナンスが必要。添加量を入力しておけばスタートボタンを押すだけで自動投入出来る。

種 類	マグ・コーク (形状: 塊状)
化学組成	Mg:43 ~ 45% コークスに Mg を染み込ませた物
使用方法	特殊置き注ぎ法
備 考	専用の特殊取鍋を用いて行われていたが、現状実施工場無し。

種 類	鉄 Mg (形状: プレス塊)
化学組成	鑄鉄グライ粉と Mg 粒を圧縮成型した物
使用方法	サトウッチ法取鍋蓋がム付き胴長取鍋
備 考	がム付き胴長取鍋が必要。黒鉛球状化处理で Si の増加をさせたくない様な場合などに用いられている。

種 類	Ni-Mg 合金 (塊状あるいはインゴット)
化学組成	塊 状 : Mg:15 ~ 17%, C, Si<2, Ni:残 比重: 約 7.4g/cc インゴット : Mg:4 ~ 5%, C:1.4 ~ 2.4%, 残部: Ni、一部 Fe 1.5 ~ 6.8kg/個 比重: 7.3 ~ 7.7g/cc
使用方法	表面添加、置き注ぎ法、サトウッチ法
備 考	比重が溶湯より重いので、表面添加が出来る。ニレジストなどの高合金ダクタイル鑄鉄の製造に使用される。Mg と Ni の結合が強く反応は穏やかである。

1.2-3.11 (3/3)

種 類	Cu-Mg 合金 (インゴット)
化学組成	Mg:20 ~ 30%, Cu:30 ~ 50%
使用方法	フランク法
備 考	現在は殆ど使用されていない。

種 類	Fe-Si-Mg 合金 (塊状)
化学成分	Fe-Si-Mg : Mg:3.5 ~ 10%, Si:45%, Fe:残 Fe-Si-Mg-RE : Mg:3.5 ~ 10%, Si:45%, RE:0.5 ~ 5%, Fe:残 Fe-Si-Mg-Ca : Mg:3.5 ~ 10%, Si:45%, Ca:0.5 ~ 5%, Fe:残 Fe-Si-Mg-RE-Ca : Mg:3.5 ~ 10%, Si:45%, RE,Ca:0.5 ~ 5%, Fe:残
使用方法	サトウツチ法 (塊状: 1 ~ 15、3 ~ 30mm サイズ品) 鋳型内球状化処理法 (細粒: 0.7 ~ 4mm) フランク法 (塊状: フランクの大きさに合わせる。) キャンドル法 (処理量に応じた円盤状、中心に鉄の棒の一端を鋳包む)
備 考	・主にサトウツチ法で使用される。現状最も使用されている球状化剤である。少量から多量まで大がかりな装置不要で、ダム付き胴長取鍋だけで処理できる。 ・合金の中でも Fe-Si-Mg-RE-Ca が最も一般的である。 ・鋳型内処理には、反応滓が少なくかつ溶けやすい特別に設計、製造された物が使用される。 ・球状化の安定、確実性を上げるため、RE や Ca が含有されている。さらに反応性、材質の改善などの目的で Si, RE, Ca の含有範囲を大きく変化させた物、また Cu や Bi を含有させた物などがある。

種 類	混合剤型
化学成分	MgF ₂ 、希土類元素、希土類元素の無水塩化物 (RECl ₃)、Ca-Si、Fe-Si-Mg 合金粉などの混合物 (KC 剤、OZ 剤等)
使用方法	添加後攪拌棒にて攪拌が必要、Fe-Si-Mg 合金の補助として添加する場合は攪拌しなくても良い。
備 考	日本人の発明による球状化剤である。現在の使用量は少ないが、反応が穏やかで、処理後の溶湯は、チル化傾向が低く、ひけが少ないなどの特徴がある。Fe-Si-Mg 合金 (塊状) などと併用する場合もある。

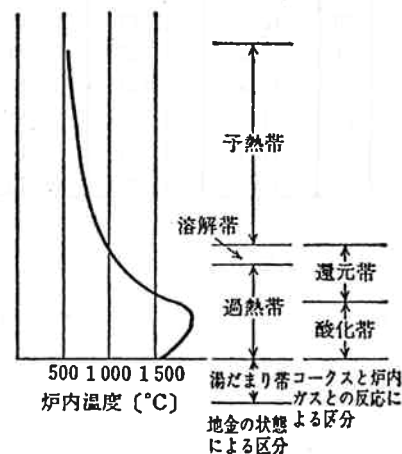
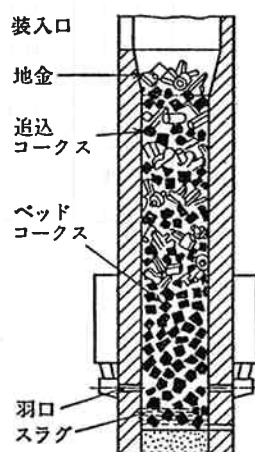
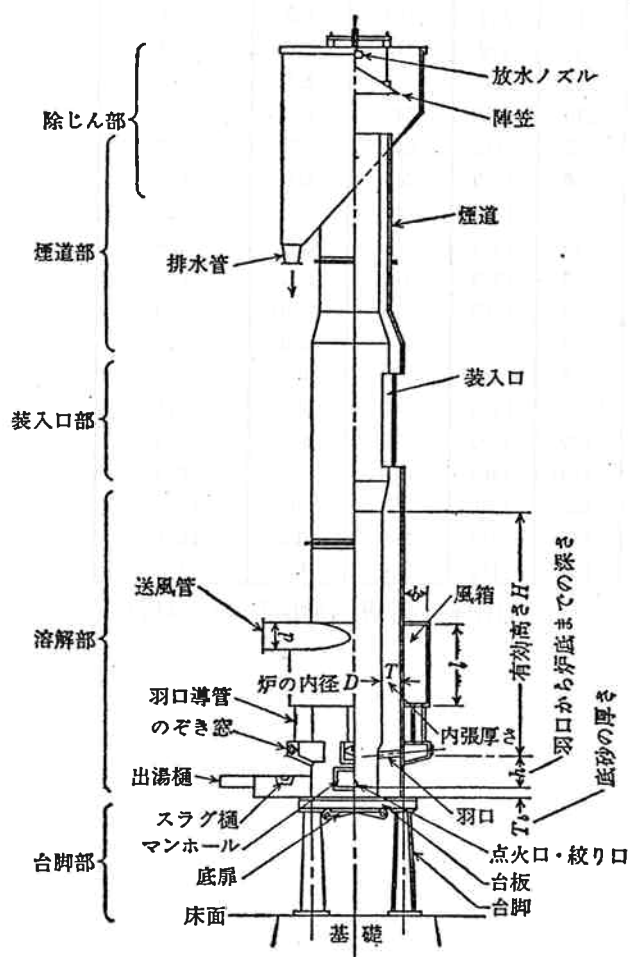
溶解作業（キューボラ） 主要設備の能力及び寸法	キューボラ本体	1. 2-4. 1 1/4
----------------------------	---------	------------------

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とする、キューボラ本体の構造概要、炉高の区分名称、主要寸法、等について規定する。

2. 構造概要、炉高の区分名称
 主要寸法、炉径と溶解速度
 出湯、出滓方式 } 参考資料を参照のこと。

参考資料（新版キューボラハンドブック、鑄鉄溶解ハンドブック）

（1）構造概要及び炉高の区分名称



炉高の区分名称

（出典：新版キューボラハンドブック 9頁）

キューボラの構造概要図
 （出典：新版キューボラハンドブック 8頁）

1. 2-4. 1(2/4)

(2) キュボラの主要部分の標準寸法

表中の記号は、(1) 項の構造概要図中の記号と対応しているので参照のこと。

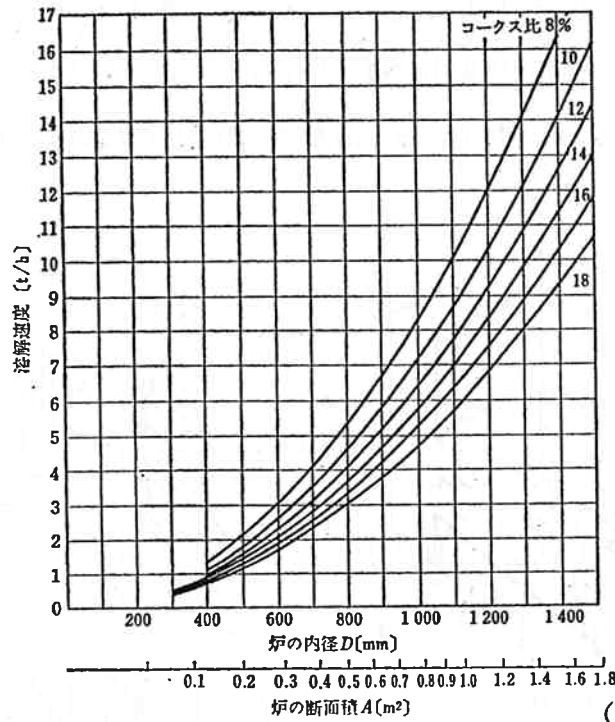
キュボラの主要部分の標準寸法

番号 No.	内 径 D [mm]	断 面 積 A [m ²]	羽口比 A/a	有 効 高さ比 H/D	有効高さ H [mm]	羽口面より 炉底までの深さ h [mm]	風箱寸法		過熱帯の 内張りの 厚 さ T [mm]	底砂の 厚 さ Tb [mm]	溶解速度 (実質コークス比 =14%) W [t/h]
							横 b [mm]	縦 l [mm]			
1	300	0.071	4~7	6	1800	400	120	480	160	200	0.52
2	350	0.096	4~7	6	2100	400	130	520	160	200	0.7
3	400	0.126	4~7	6	2400	400	140	560	160	200	0.9
4	450	0.159	4~7	6	2700	450	150	600	160	200	1.2
5	500	0.196	5~8	6	3000	450	165	660	190	200	1.4
6	550	0.238	5~8	5.8	3190	450	180	720	190	200	1.7
7	600	0.283	5~8	5.6	3360	450	200	800	190	200	2.1
8	650	0.332	5~8	5.4	3520	500	215	860	190	200	2.4
9	700	0.385	6~9	5.2	3640	500	230	920	240	250	2.8
10	750	0.442	6~9	5.0	3750	500	250	1000	240	250	3.3
11	800	0.503	6~9	4.9	3920	500	270	1080	240	250	3.7
12	850	0.567	7~10	4.8	4080	550	285	1140	240	250	4.2
13	900	0.636	7~10	4.7	4230	550	300	1200	240	250	4.7
14	950	0.709	7~10	4.6	4370	550	320	1280	240	250	5.2
15	1000	0.785	8~11	4.5	4500	550	340	1360	240	250	5.8
16	1050	0.866	8~11	4.4	4620	600	355	1420	310	250	6.3
17	1100	0.950	8~11	4.3	4730	600	370	1480	310	250	7.0
18	1150	1.039	9~12	4.2	4830	600	390	1560	310	250	7.6
19	1200	1.131	9~12	4.1	4920	600	410	1640	310	300	8.3
20	1250	1.227	10~13	4.0	5000	650	430	1720	310	300	9.1
21	1300	1.327	10~13	3.9	5070	650	450	1800	310	300	9.7
22	1350	1.431	11~14	3.8	5130	650	470	1880	310	300	10.5
23	1400	1.539	11~14	3.7	5180	650	490	1960	360	300	11.3
24	1450	1.651	12~15	3.6	5220	700	510	2040	360	300	12.1
25	1500	1.767	12~15	3.5	5250	700	530	2120	360	300	13.0

(出典：新版キュボラハンドブック 28頁)

1. 2-4. 1(3/4)

(3) キュボラの炉径と溶解速度の関係



(出典：新版キュボハンドブック 10頁)

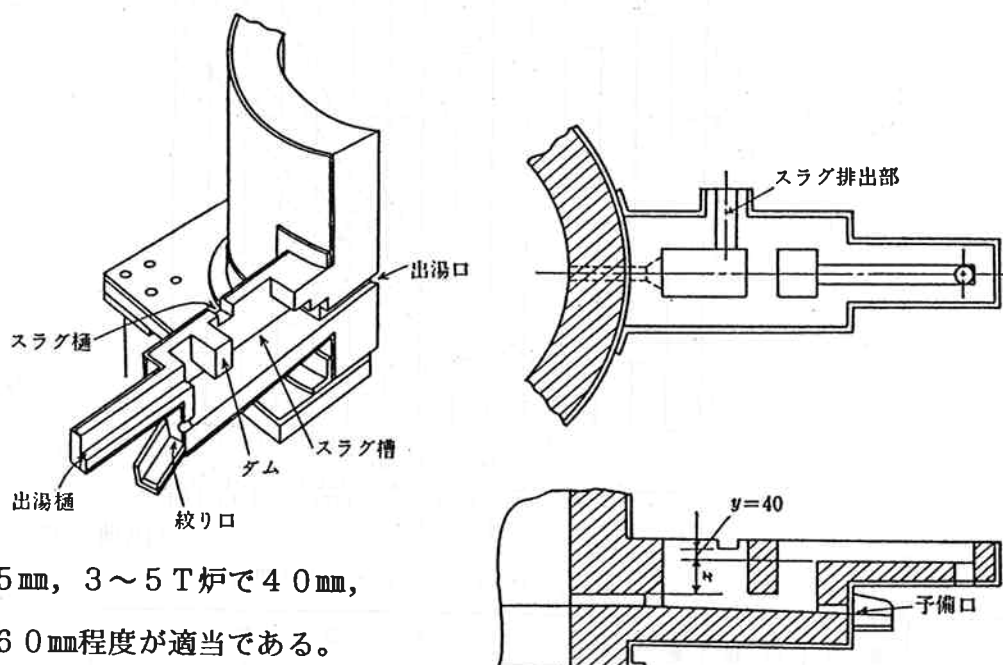
炉径、コークス比、溶解速度の関係

番号 No.	内 径 D [mm]	断面積 A [m²]	溶 解 速 度 W [t/h]					
			実 質 コ ー ク ス 比 [%]					
			8	10	12	14	16	18
1	300	0.071	0.74	0.64	0.57	0.52	0.47	0.42
2	350	0.096	1.0	0.9	0.8	0.7	0.64	0.58
3	400	0.126	1.3	1.1	1.0	0.9	0.83	0.76
4	450	0.159	1.7	1.4	1.3	1.2	1.05	0.95
5	500	0.196	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2
6	550	0.238	2.5	2.2	1.9	1.7	1.6	1.4
7	600	0.283	3.0	2.6	2.3	2.1	1.9	1.7
8	650	0.332	3.5	3.0	2.7	2.4	2.2	2.0
9	700	0.385	4.1	3.5	3.1	2.8	2.6	2.3
10	750	0.442	4.7	4.0	3.6	3.3	2.9	2.7
11	800	0.503	5.3	4.6	4.1	3.7	3.3	3.0
12	850	0.567	6.0	5.2	4.6	4.2	3.8	3.4
13	900	0.636	6.7	5.8	5.2	4.7	4.2	3.8
14	950	0.709	7.5	6.4	5.8	5.2	4.7	4.3
15	1000	0.785	8.3	7.1	6.4	5.8	5.2	4.7
16	1050	0.866	9.2	7.9	7.0	6.3	5.7	5.2
17	1100	0.950	10.0	8.6	7.7	7.0	6.3	5.7
18	1150	1.039	11.0	9.5	8.4	7.6	6.9	6.3
19	1200	1.131	12.0	10.3	9.2	8.3	7.5	6.8
20	1250	1.227	13.0	11.2	10.0	9.0	8.1	7.4
21	1300	1.327	14.0	12.1	10.8	9.7	8.8	8.0
22	1350	1.431	15.1	13.0	11.6	10.5	9.5	8.6
23	1400	1.539	16.3	14.0	12.5	11.3	10.2	9.3
24	1450	1.651	17.5	15.0	13.4	12.1	11.0	10.0
25	1500	1.767	18.7	16.1	14.3	13.0	11.7	10.6

(出典：新版キュボハンドブック 10頁)

(4) 出湯、出滓方式について

キューボラからの溶湯やスラグの取り出し方式には、イ) 前方連続出湯出滓樋（フロントスラギングスパウト）ロ) 後方連続出湯出滓樋（リヤスラギングスパウト）ハ) 間欠出湯出滓樋がある。広く一般的に採用されている、前方連続出湯出滓樋の構造について、示す。



(出典：鋳鉄溶解ハンドブック 30頁)

〔出湯口の口径〕

1~2 T炉で25mm, 3~5 T炉で40mm,
6~10 T炉で60mm程度が適当である。

[留意点]

湯ダムにおける溶湯の液頭(χ)は、風箱風圧に平衡していなければならない。

- ・液頭(χ)が風圧に対して低過ぎると、炉内ガスが樋の中へ噴出し、出湯口は侵食される。
- ・高過ぎると炉内に溶湯がたまり、スラグ樋からのスラグ流出が遅れ、羽口は汚れ易くなり、風圧が下がったり、又、送風を中断した場合、羽口よりスラグが流出する恐れがある。

※風箱風圧に対する適当な χ の高さは、

$$\chi = 0.144P + 12.7 \text{ mm}$$
で示される。

右表を参照のこと。

風箱風圧 [mm H ₂ O]	λ [mm]
175	38
355	65
530	90
700	115
880	140
1060	165
1235	190
1410	215

前方連続出湯出滓樋

(出典：鑄鉄溶解ハンドブック 30頁)

溶 解 作 業 (キ ュ ボ ラ)	前 炉	1.2-4.2
主要製造設備の能力及び寸法		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とする。キュボラに附属する前炉の主要構造、寸法、諸元について規定する。
2. 主要構造 } 参考資料を参照のこと
3. 主要諸元及び寸法

参考資料

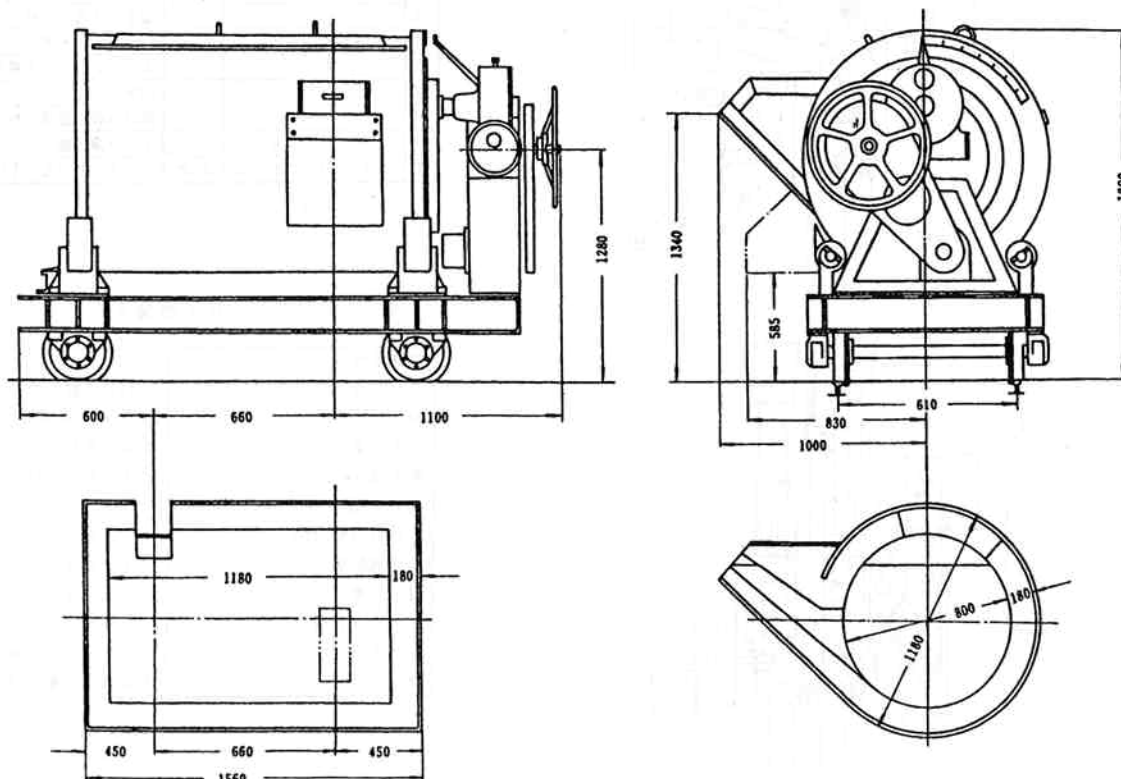
(2) 主要諸元及び容量(3ton 前炉の例)

表 4 - 2 前 炉 の 主 要 諸 元

設 備 番 号	M - 3	M - 4
名 称	回転前炉	
形 式	電動式 (右勝手)	電動式 (左勝手)
ライニング厚さ	180 mm	
予熱バーナー容量	燃油量 20 l/h	M - 3 のを共用
容 量	1180 mm × 1560 mm × 3 t	その他 M - 3 と同じ
台車レールゲージ	610 mm	

参 考 例

(1) 前炉の主要構造と寸法 (3 トン回転式の例)

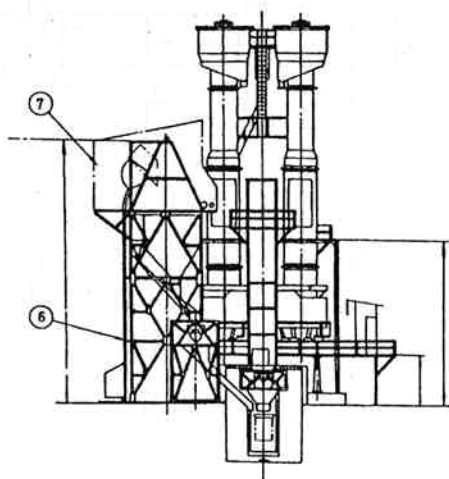
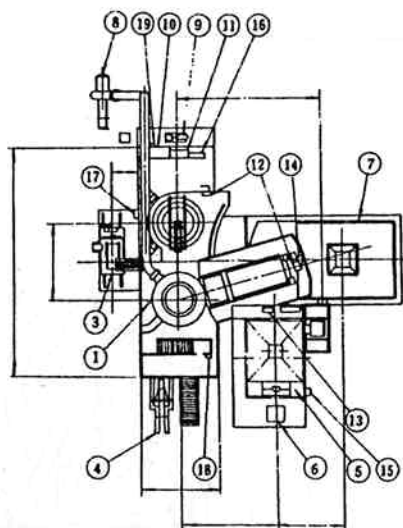
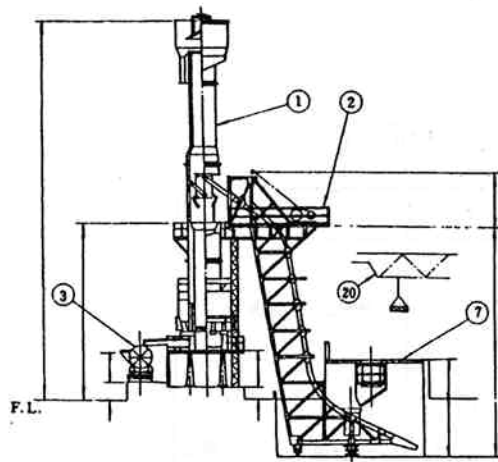


1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とする。キューボラに附属する材料装入設備について規定する。
2. 全体配置図
3. 装入設備各機器の主要諸元

} 参考資料を参照のこと

参考資料

(1) 溶解設備のレイアウト(8ton 炉の例)



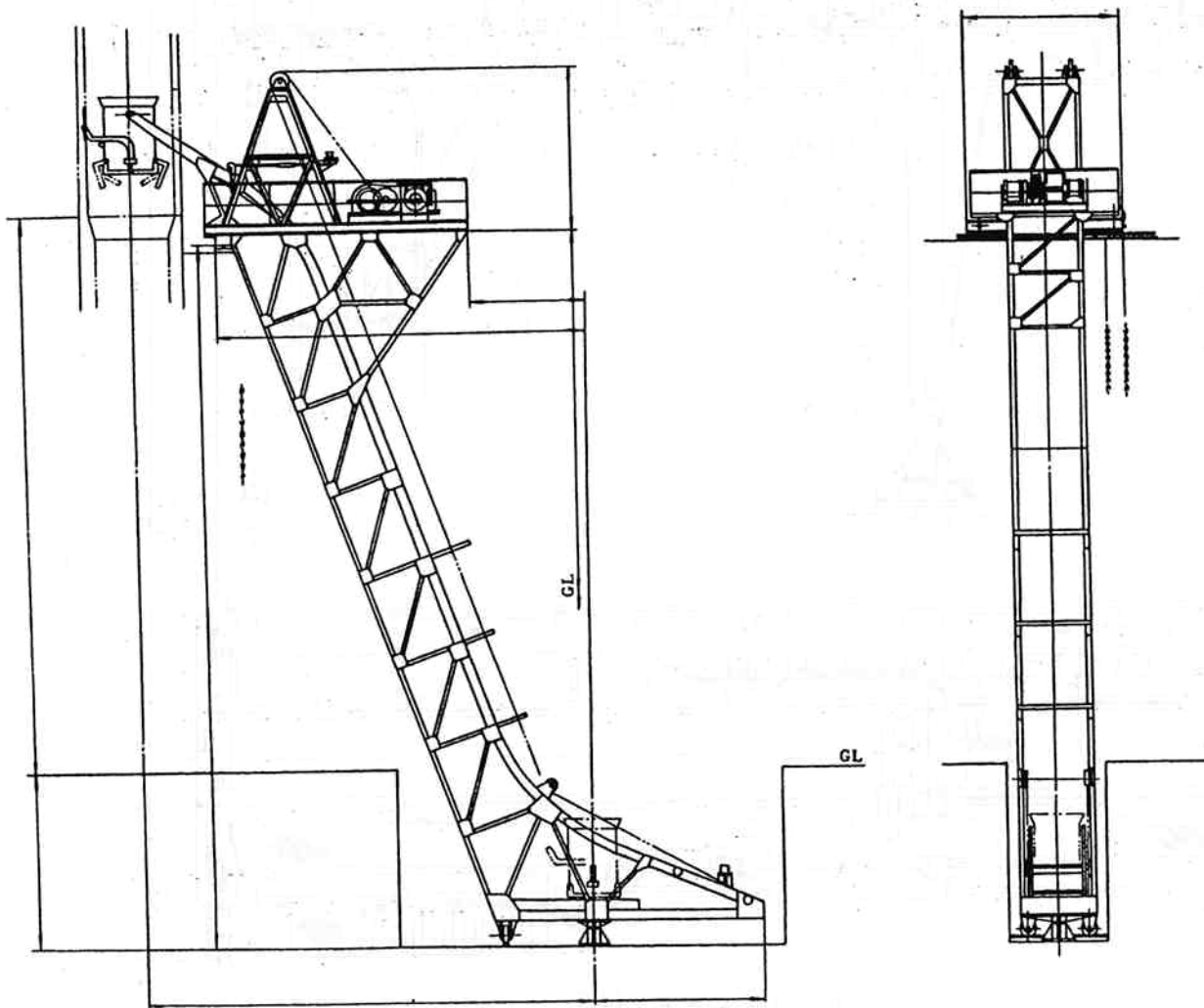
名 称	数 量	備 考
1 熔 鉄 炉	2 組	酸性冷風水冷炉径1200φ約8T/H
2 材 料 自 動 投 入 機	1 組	旋回傾斜底開きバケット式バケット950ℓ
3 前 炉	1 組	円筒型回転式移動右勝手 容量4F
4 熔 滓 処 理 装 置	1 組	フライト式コンベアー送出速度10m/min
5 コークス石灰石ホッパー	1 組	コークス=20m³石灰石=16m³自動秤量式
6 バケットローダー	1 組	垂直スキップ式バケット約1m³自動操作
7 地 金 投 入 台	1 組	投入台=5.2m×4m ホッパー=850ℓ
8 送 風 機	1 式	一段ターボブロワー=20m³/min 1300mmAg75KW 直入配電箱(3300V)付
9 ポ ン プ	1 式	除塵ポンプ1台0.3m³/min 4kg/cm²
10 キューボラ・制御装置	1 式	風量自動制御装置 水温自動制御装置 風量指示記録計 風圧指示記録計 炭酸瓦斯指示記録計 水温指示調節計 水温六点指示記録計 水量指示記録計 積算流量計
11 配電盤、制御盤、操作盤	1 式	総合配電盤
18		材料自動投入機制御盤
19		コークス・石灰石・ホッパー制御盤
14		地金投入台制御盤
15		バケットローダー制御盤
16		キューボラ自動着火装置制御盤
17		前炉操作盤
18		熔滓処理装置操作盤
19		ポンプ操作盤
20 リフマグクレーン	1 台	マグネット容量 1ton

投入機諸元

設備番号	M-6
名 称	材料投入機
形 式	3 ユースイベル式
巻上荷重	3,000 Kg
巻上速度	12 m/min
揚 程	16 m
1 行程所要時間	約 3 min
巻上電動機	11 KW
電 源	200V 50~
バケット容量	1 m³
ワイヤー	1 WRC16φ×2
操 作	1 行程全自動および単動操作

参考資料

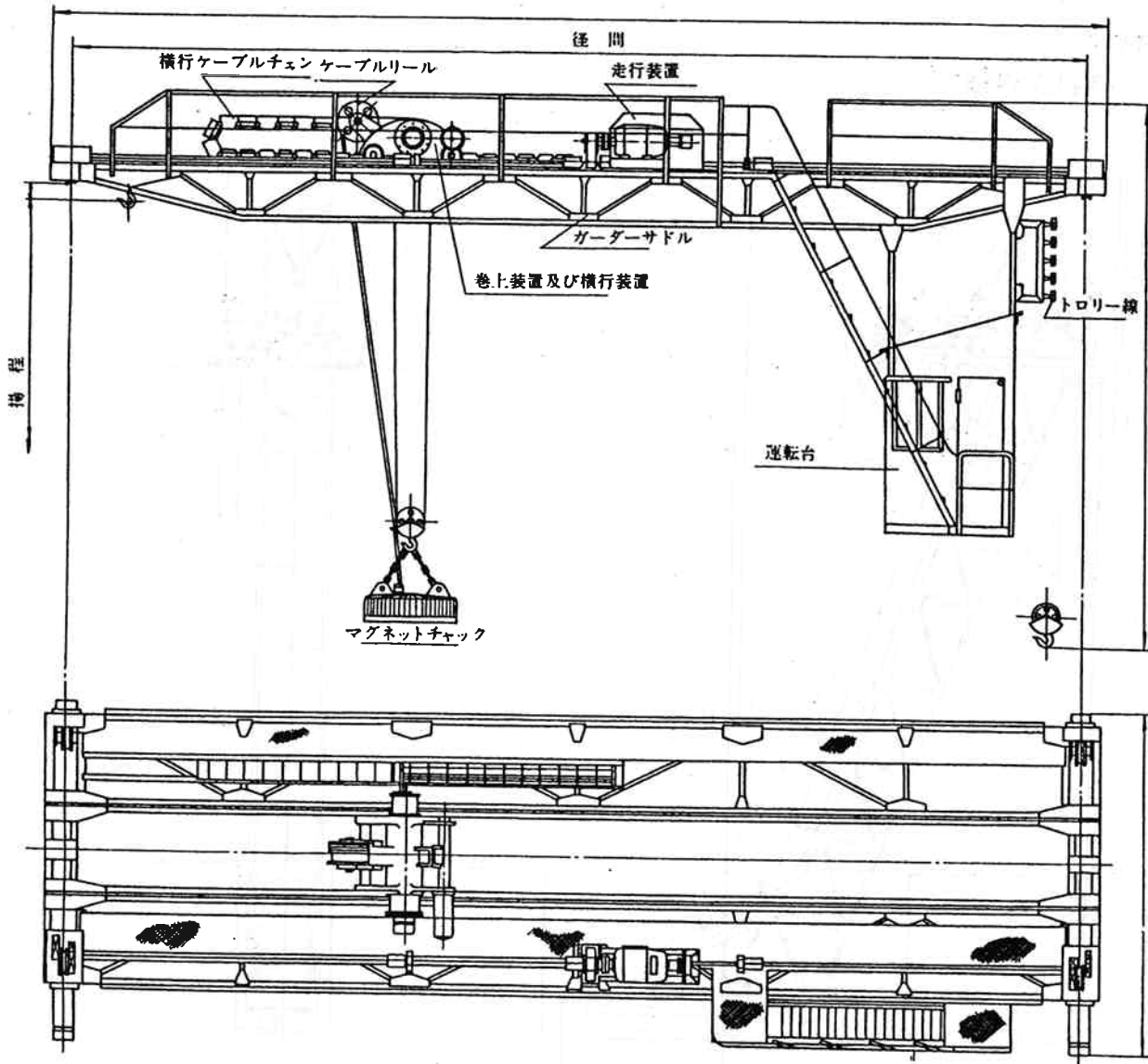
(2) 材料投入機



地金投入台諸元

設備番号	M-7
ホッパー容量	0.85m ³
ゲート開閉方法	エアシリンダー遠隔操作
地金台面積	4,500 × 6,000 mm ²

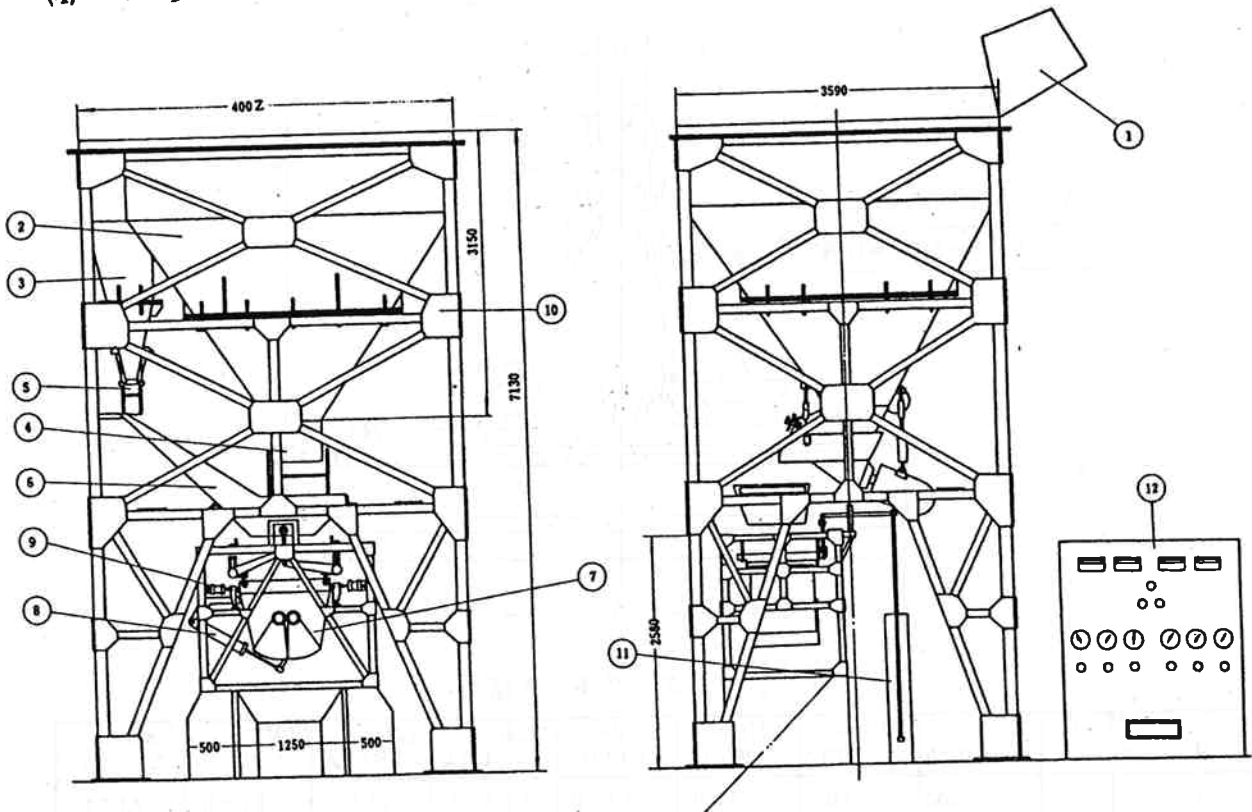
(3) リフマグクレーン



リフマグクレーン諸元

設備番号	M-8
起重機形式	天井走行式
スパン×リフト	10 m × 6.5 m
巻上荷重	3 t
巻上速度	7.3 m / min
横行速度	30 m / min
走行速度	40 m / min
リフマグ 外径	1,000 t mm
自重	1.3
抗重	・7~8 t (銑鉄)
秤量器形式	ロードセル型
容量	1 t

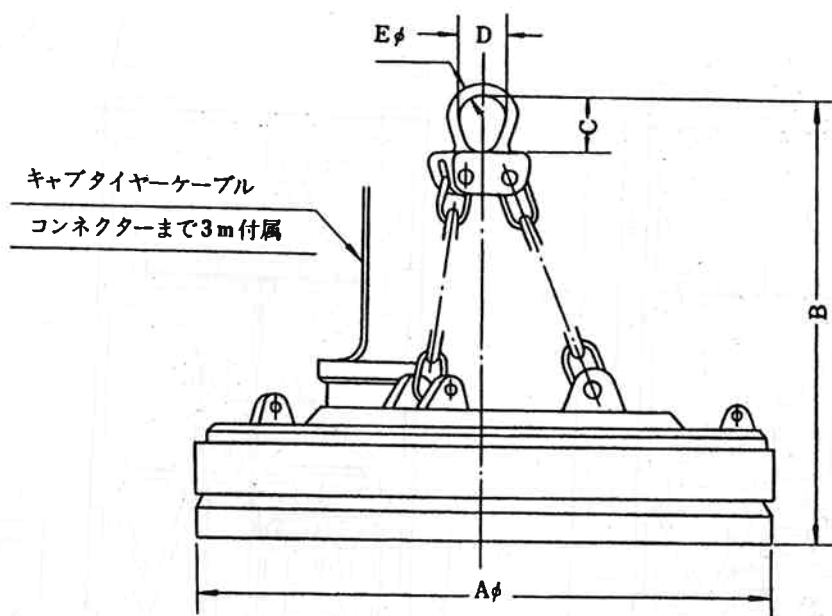
(4) コークスホッパー



コークスホッパー諸元

容量	コークス	約 7t	14 m ³
	石灰石	約 3t	1.8m ³
電磁フィーダー	コークス用	5,200 VA	
	石灰石用	300 VA	
秤量ホッパー		0.3 m ³	
秤量器容量		300 kg	
ホッパーの大きさ		2.5×2×8m ³	
操作法		遠隔操作自動秤量	
バケットローダー		スキップ式	
形 式		2 t	
巻上荷重		7m/min	
巻上速度		3.7 KW	
巻上モーター		1m ³	
バケット容量			

(5) リフティングマグネット



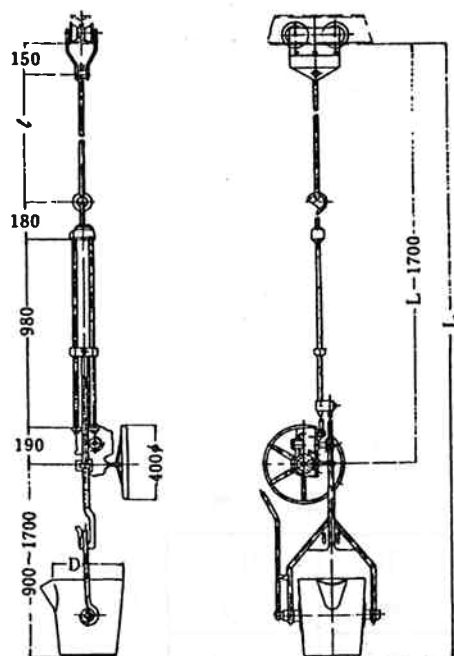
リフティングマグネット諸元

要 目		形 式	LMC-50HA	LMC-70HA	LMC-90HA	LMC-110HA	LMC-130HA	LMC-150HA	LMC-180HA	LMC-210HA
A		mm	500	700	900	1,100	1,200	1,500	1,800	2,100
B						850	950	1,200	1,200	
C			注 3	150	150	150	150	250	250	250
D			100φ	120	120	120	120	150	150	150
E			25	35	35	35	35	60	60	60
重 量(約)	Kg					1,350	2,100	2,900	4,350	
電 源 電 圧	DC-V		220	220	220	220	220	220	220	220
電 流 (Amp)	熱 時									
	冷 時									
定 格		E . D - 5 0 %								
吊り上げ能力 (Kg)	大なる単塊インゴットビレット又はスラブ		1,800	5,000	9,000	14,000	19,000	24,000	31,000	50,000
	ビッグアイアン		80~110	200~380	350~500	650~900	1,000~1,400	1,300~1,900	1,800~2,750	2,500~3,500
	落下ボール		1,000	2,500	4,500	6,500	8,500	11,000	14,500	21,000
	スクラップ(平炉用)		70~95	170~210	300~380	600~800	950~1,300	1,300~1,900	1,800~2,750	2,500~3,500
	削り屑(鋼/鋳鉄)		25/32	45/95	100/200	200/400	300/600	400/850	600/1,250	850/1,800

溶 解 作 業 (キ ュ ボ ラ)	取 鍋	1.2-4.4
主要製造設備の能力及び寸法		1/1

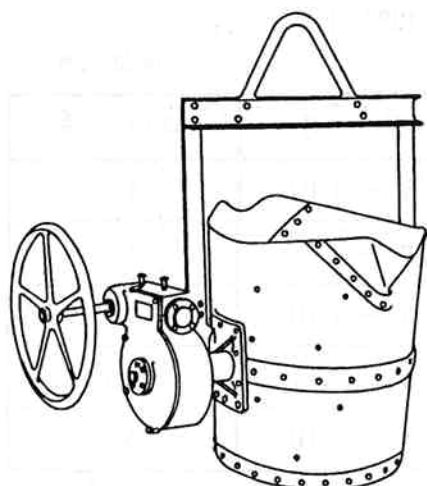
1. 適用範囲 鋳鉄鋳物を製造する場合に使用する溶湯運搬用ならびに注湯用の取鍋及び湯汲について規定する。
2. 取鍋の種類 } 参考資料を参照のこと。
3. 取鍋の寸法、容量

参考資料



上下微動装置付小型取鍋

型 式		DL-90	DL-150	GIO-05
仕 様	容 量 (kg)	90	150	500
	注 湯 口 径 (mm)	330	360	600
	上下可動範囲 (mm)	800	800	
	取付 I ビーム	200×100×7 t	200×100×7 t	
	深 さ (mm)			645



ギヤ付懸吊式取鍋

型 式		GLC-1	GLC-15	GLC-2	GLC-3
仕 様	容 量 (kg)	1000	1500	2000	3000
	注 湯 口 径 (mm)	760	820	900	1030
	上下可動範囲 (mm)				
	取付 I ビーム				
	深 さ (mm)	810	850	900	1030

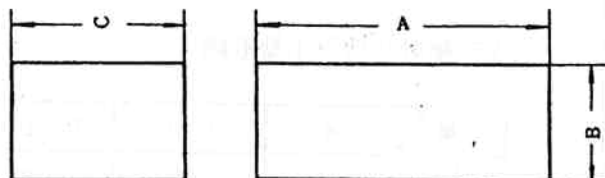
溶解作業(キューボラ)	耐火レンガ	1.2-5.1
使用原材料の品質		1/3

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキューボラ溶解に使用する耐火レンガについて規定する。
2. 種類 キューボラ各部にはロウ石レンガを使用する。然し必要に応じて黒鉛レンガ、カーボランダムレンガなどを適宜する。
3. 品質 良質の耐火レンガを使用する。
4. 形状 JIS R 2101-1983 に規定する並形及び JIS R 2104-1983 に規定する異形レンガを使用する。
5. 保管 吸湿に注意して保管する。

参考資料

(1) 形状および寸法

(1)-1 並形 (JIS R 2101-1983 より)

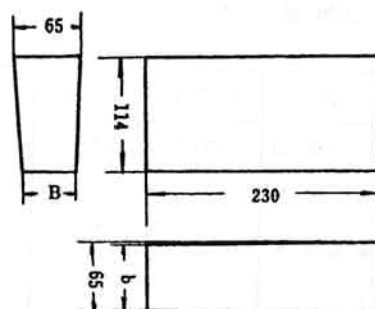


単位 mm

	A	B	C
	長さ	幅	厚さ
寸法	230	114	65

(1)-2 横セリ形レンガの形状および寸法 (JIS R 2104-1983 より)

単位 mm



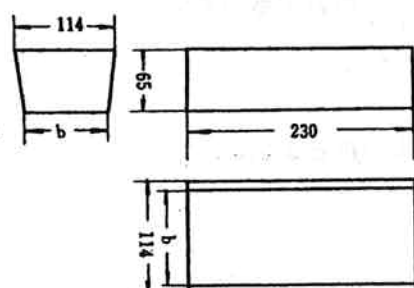
記号	b の寸法
Y - 1 (I)	59
Y - 1.5	54
Y - 2 (I)	50
Y - 2.5	47
Y - 3 (I)	32

注(1) J I JIS R 2101-1983 (耐火レンガの形状および寸法のものと同じである)

1.2-5.1(2/3)

参 考 資 料

(1)-3 コバゼリ形レンガの形状および寸法



単位 mm

記 号	b の寸法
K - 1	102
K - 2	96
K - 3	90

(1)-4 耐火レンガの化学成分および物理的性質の例

主 要 化 学 成 分 %

種 類	耐火度 SK	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	
ロ ウ 石	30	64.21	33.12	1.08	0.52	0.38	
シャモット	33	56.10	37.40	3.48	0.68	0.36	
黒 鉛	33	51.08	31.12	1.63	0.20	0.25	Carbon 15.01
カーボランダム	39	7.40	5.38	0.58	0.30	0.22	Sic 85.98

物 理 的 性 質

見掛け気孔率 %	吸水率%	見掛け比重	カサ比重	圧縮強さ Kg/cm ²
19.2	9.6	2.47	2.00	3.05
20.0	11.8	2.65	2.17	4.35
19.3	9.2	2.60	2.10	3.05
16.4	5.6	2.95	2.50	9.00

参 考 資 料

(1)-5 耐レンガの良否を見分ける簡単な現場的方法の例

- ① キズ、割れがなく表面平滑で破面と共に粒度色沢が均斉であること。
- ② 各個の寸法がそろっていて形状に狂いのないこと。
- ③ 叩いて澄んだ金属音を発すること。
- ④ 一昼夜水中に放置し、その時の重量増加が少いものほどよい。

$$\text{重量増加率}\% = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

W1：最初のレンガの重量 Kg

W2：吸水飽和後のレンガの重量 Kg

重量増加率はロウ石レンガで4～10%，シャモットレンガで6～12%程度で異質のレンガでは比較が困難だが同質のレンガでは低い程よい。

- ⑤ 加工性のよいものがよい。

溶解作業（キュボラ） 築 炉	耐火モルタル	1.2-5.2
		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とする、キュボラ溶解に使用する耐火モルタルについて規定する。
2. 耐火モルタルの種類 耐火モルタルはレンガと同質のものを使用する。
3. 品質 耐火モルタルは操業時において充分な接着力をもちスラグ、ガス等の侵蝕、磨耗に耐えることを必要とする。そのために次の性質を備えていることがのぞましい。
 - 3.1 化学成分が使用レンガと同質のものであること。
 - 3.2 必要な耐火度を有すること。
 - 3.3 乾燥および加熱による膨張、収縮が少なくないこと。
 - 3.4 レンガ積みの際に、適当な粘り、のび、保水性を持ち所定の目地厚が容易に得られること。
4. 保管 耐火レンガ同様に吸湿しないように保管する。

参 考 例

(1) 粘土質耐火モルタルの品質の規定（J I S R 2 5 0 1 より）

種 類		記 号	耐 火 度 (ゼーゲル コーン番 号)	粉 末 度	化学成分	加熱後の線変化率			(参考) 接着時間 min (目的厚さ 3 mm)
						温度℃	時間 h	線変化率%	
粘 土 質 耐 火 モ ル タ ル	1 種	MON1	34以上	1000 μ m の標準網7#1を全通し、74 μ m の標準網7#1を25%以上通過すること。 1410 μ m の標準網7#1を全通し、74 μ m の標準網7#1を20%以上通過すること。		1400	3		1 ~ 3
	2 種 A	MON2A	33以上						
	2 種 B	MON2B							
	3 種	MON3	32以上			1350			
	4 種	MON4	31以上			1300			
	5 種	MON5	30以上						
	6 種	MON6	29以上						
	7 種	MON7					+ 1 ~ - 5		

溶解作業（キューボラ） 製造条件	材質別地金配合	1.2-6.1
		1/2

1. 適用範囲 銑鉄鑄物を製造する場合，これに適合する材質を得るための地金配合について規定する。

2. 材質別目標成分 銑鉄鑄鉄の材質別目標成分は2.1.1項および2.2.1頁に示すものとする。

3. 材質別コークス比 材質別のコークス比を表6.1-1に示す。

コークス比は表6.1-1に示す範囲内で大きな炉は少量に、小さな炉は多量になるように選定する。

表6.1-1 材質別コークス比

種 類	コークス比 %	出 湯 温 度
FC200	10～13	1,460～1,490
FC250	12～15	1,480～1,510
FC300	14～17	1,510～1,540
FC350	16～19	1,520～1,550
FCD	11～14	1,500～1,560

4. 材質別鋼クズ配合率 材質別の鋼クズ配合率を表6.1-2に示す。鋼クズ配合率は銑鉄の使用量，故鉄，戻り材の化学成分により原則として表6.1-2に示す範囲内で選定する。

表6.1-2 材質別鋼クズ配合率

種 類	鋼クズ配合率 %
FC200	15～40
FC250	30～50
FC300	40～60
FC350	50～70
FCD	30～50

1.2-6.1(2/2)

5. 珪素とマンガンの消耗率 配合計算にあたり珪素とマンガンの減耗率は表6. 1-3に示す範囲内で選定する。

表6. 1-3 珪素とマンガンの減耗率

種 類	珪 素 %	マンガン %
F C 2 0 0	1 5 ~ 2 0	2 0 ~ 2 5
F C 2 5 0	1 0 ~ 1 5	2 0 ~ 2 5
F C 3 0 0	5 ~ 1 0	2 0 ~ 2 5
F C 3 5 0	5 ~ 1 0	2 0 ~ 2 5
F C D	1 0 ~ 2 0	2 0 ~ 2 5

参考例

1. 地金配合計算例 地金の化学成分のうち、PとSは普通の溶解方法ではコントロール出来ないので、配合計算の対象から除くこととし、C、Si、Mnの3成分について計算を行う。計算にはまず成分目標値を仮定する。つぎに成分の増減はキュポラによって若干の個性があるので実績と標準から最適の増減量選定する。目標材質をF C 3 0 0、鋼材配合率50%、炭素の増加量1.05%、珪素の減耗量10%、マンガンの減耗量20%とすれば計算は次に示す要領で出来る。

配 合 計 算 表

配合材料	配合比 %	C %		Si %		Mn %	
		固有成分	配合成分	固有成分	配合成分	固有成分	配合成分
銑 鉄	30	4.20	1.26	1.9	0.57	0.6	0.18
戻 り 材	20	3.10	0.62	1.6	0.32	0.8	0.16
鋼 材	50	0.30	0.15	0.2	0.10	0.6	0.30
Fe-Si	1.1			75.0	0.83		
Fe-Mn	0.5					75.0	0.38
配 合 計 算 値 %		2.03		1.82		1.02	
成 分 増 減		+1.05		× (1-0.10)		× (1-0.20)	
目 標 計 算 値 %		3.08		1.64		0.82	

溶解作業（キュポラ）	材質別作業順序	1.2-6.2
製造条件	および投入間隔	1/1

1. 適用範囲 鋇鉄鑄物の製造を目的とするキュポラ溶解作業の材質別作業順序および投入間隔について規定する。

2. 作業順序

2.1 作業初期は炭素当量の高い材質を溶解する。

特に最初の1山目には鋼クズの投入をしないことがのぞましい。

2.2 類似した材質はなるべく作業順序を近づけることがのぞましい。

2.3 FCにおける材質別の作業順序として、FC200、FC250、FC300、FC350のように低級から高級に移行させるものとする。

3. 投入間隔 投入間隔は1時間当たり10回を標準とする。

溶解作業（キュボラ）	ベッドコークス高さ	1.2-7.1
製造方法		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキュボラ溶解作業に於けるベッドコークスの高さについて規定する。

2. ベッドコークス高さ 標準ベッドコークス高さを表6. 3-1に示す。

表6. 3-1 ベッドコークス高さ

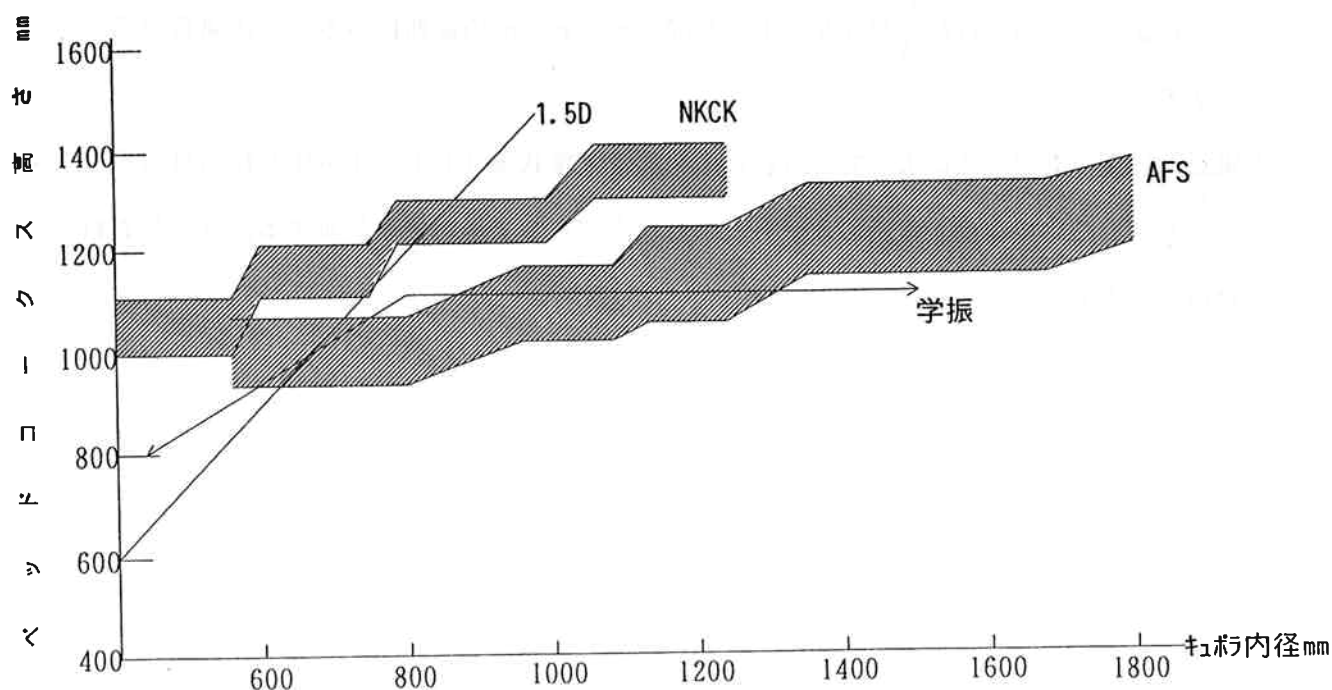
炉内径 mm	ベッドコークス高さ mm
400～550	1,000～1,100
600～750	1,100～1,200
800～1,000	1,200～1,300
1,050～1,250	1,300～1,400

参考例

1. 大型キュボラの参考例（炉内径→ベッドコークス高さ）

FC用：φ1,800→1,600	FCD用：φ1,600→1,700
φ2,200→1,300	φ1,800→1,700

2. ベッドコークスの高さに関する各種標準 ベッドコークスの高さに関してAFS（アメリカ鋳物協会），学振（日本学術振興会）の推奨する数値との比較を下図に示す。



溶解作業（キューボラ）	送 風 量	1.2-7.2
製 造 方 法		1/2

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキューボラ溶解作業における送風量について規定する。
2. 送風量の算定 送風量は実質コークス比，溶解速度をもとにして次式から算定する。

$$\frac{V}{A} = \frac{4450}{60} (1 + \gamma_{\mu}) K \cdot k \cdot \frac{S}{A}$$

ここで V : 送風量 m^3/min

A : 羽口面の炉の断面積 m^2

γ_{μ} : $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}}$ ただしこれはコークス比により支配されるもので，経験的に次の式が適用される。

$$\gamma_{\mu} \times K \cdot k = C (\text{一定}) = 0.045$$

(参考資料参照のこと)

K : 実質コークス比

k : コークス中の固定炭素の比率

S : 溶解速度 t/h

上式によって求められた $\frac{V}{A}$ が $90 \sim 110 \text{ m}^3/\text{min} - \text{m}^2$ の範囲にあるのを送風量の標準とする。

3. 送風量の補正 前記の式によって得られた送風量は標準状態（ 0°C ，1気圧）における風量を示しているので温度，気圧およびもれの量など補正して送風量を決定する。（参考資料参照のこと）

1.2-7.2(2/2)

参 考 例

1. コークス比, 燃焼率, 空気量の関係

実質コークス比 K	炭 素 比 K · k	炉頂ガス, %		燃焼率 Y u	空 気 量 (地金 1 t 当り)
		CO ₂	CO		
0. 1 0	0. 0 9 0	1 3. 1	1 3. 0	0. 5 0 0	6 0 1
0. 1 2	0. 1 0 8	1 1. 4	1 5. 9	0. 4 1 7	6 8 1
0. 1 4	0. 1 2 6	1 0. 1	1 8. 0	0. 3 5 7	7 6 1
0. 1 6	0. 1 4 4	9. 0	1 9. 8	0. 3 1' 2	8 4 1
0. 1 8	0. 1 6 2	8. 2	2 1. 2	0. 2 7 8	9 2 1
0. 2 0	0. 1 8 0	7. 5	2 2. 3	0. 2 5 0	1, 0 0 1

2. 送風量の補正係数 温度と気圧による送風量の補正係数表を下表に示す。

気圧 mmHg 温度 °C	7 5 0	7 5 5	7 6 0	7 6 5	7 7 0
0	1. 0 1 3	1. 0 0 7	1. 0 0 0	0. 9 9 3	0. 9 8 7
5	1. 0 3 2	1. 0 2 5	1. 0 1 8	1. 0 1 2	1. 0 0 5
1 0	1. 0 5 0	1. 0 4 3	1. 0 3 7	1. 0 3 0	1. 0 2 3
1 5	1. 0 6 9	1. 0 6 2	1. 0 5 5	1. 0 4 8	1. 0 4 1
2 0	1. 0 8 8	1. 0 8 0	1. 0 7 3	1. 0 6 6	1. 0 5 9
2 5	1. 1 0 6	1. 0 9 9	1. 0 9 2	1. 0 8 4	1. 0 7 7
3 0	1. 1 2 5	1. 1 1 7	1. 1 1 0	1. 1 0 3	1. 0 9 5
3 5	1. 1 4 3	1. 1 3 6	1. 1 2 8	1. 1 2 1	1. 1 1 3
4 0	1. 1 6 2	1. 1 5 4	1. 1 4 6	1. 1 3 9	1. 1 3 2

溶解作業（キュポラ） 製 造 方 法	キ ュ ポ ラ 補 修 法	1.2-7.3
		1/4

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキュポラ作業における補修方法について規定する。

2. 準備作業

2.1 炉修に先立ち、工具、レンガ、モルタル、パッチング材などの準備をする。

3. 落し作業

3.1 溶解帯から下部に付着している地金、コークス、スラグを完全に除去する。

3.2 著しく侵食されたレンガは除去し、軽度に侵食されたレンガは地肌が現われるまで表面の付着物を除去する。

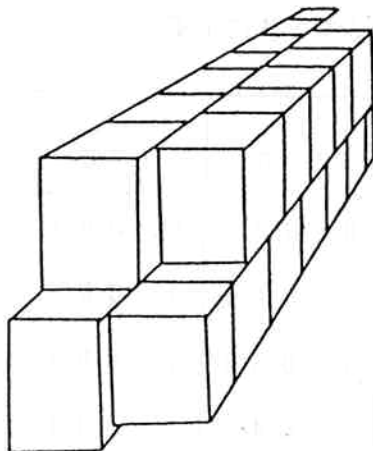
4. 張り作業

4.1 レンガ張り作業

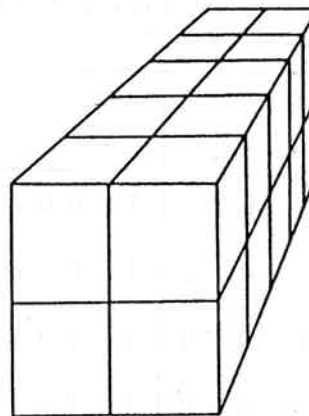
4.1.1 耐火レンガは5. 1 項に規定されたものを使用する。

4.1.2 目地に用いるモルタルは出来るだけ薄くして、その厚みは5 mm以下とする。

4.1.3 レンガの積み方は上下の目地が合わないようにする。その例を図7. 3-1 に示す。



良い例



悪い例

図7. 3-1 レンガの積み方

4.1.4 レンガは補修する個所の下部から張り始め順次、上方に積み上げる。

4.1.5 羽口の形状、寸法は、所定の木型または定規を用いて正確に形づくる。

4.1.6 炉の内径寸法を規定の如くするため、レンガの張り合わせ方、ならびにその段数および枚数を定めておく。

4.2 パッチング作業

4.2.1 パッチング材を塊状またはレンガ状として炉修する個所の下部から順次上方へ積み上げる。

4.2.2 張り付けた後に木槌または、ニューマチックランマーなどでつき固める。

図7. 3-2にパッチング材の張り方を示す。

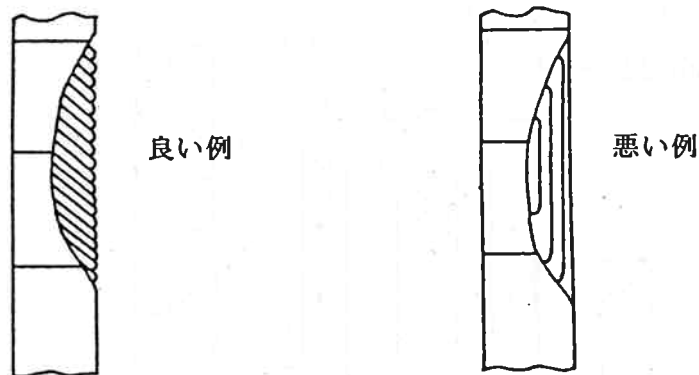


図7. 3-2 パッチング材の張り方

5. 出湯口補修作業

5.1 孔あきレンガまたはレンガ積みで出湯口を作る。

5.2 孔あきレンガの大きさは35～40mmφとし、レンガ積みの場合には35mm×(35～60mm)程度とする。

5.3 レンガを積む場合には、目地を出してはならない。図7. 3-3にその方法を示す。

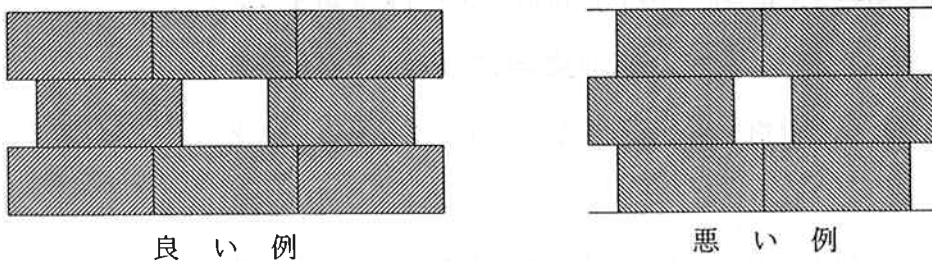


図7. 3-3

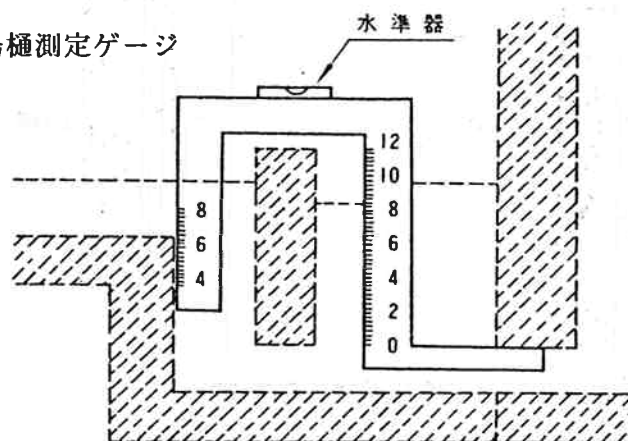
5.4 侵食が軽度の場合には地金，スラグを十分に除去しパッチング材などでスタンプして規定の寸法とする。

6. 樋補修作業

- 6.1 耐火度の高い良質のレンガ，パッチング材を使用する。
- 6.2 フロントスラグ方式の場合，溶湯流出部，スラグ流出部，出湯口の関係位置は重要であるからゲージを用いて補修を行う。（参考例 参照）
- 6.3 侵食が軽度の場合は地金，スラグを充分に除去しパッチング材などでスタンプし，規定の寸法とする。

参 考 例

(1) 炉径口，出湯樋測定ゲージ



（溶湯流出部、スラグ流出部の高さ測定用ゲージの一例）

7. 前炉補修作業

- 7.1 樋から落ちる湯の当る部分が、特に侵蝕されるので耐火度の高い良質レンガ，パッチング材を用いて築造する。
- 7.2 出湯口は傾斜させて溶湯が完全に排出出来るように築造する。
- 7.3 侵食著しいレンガ，パッチング部は完全に除去し新たに築造する。
軽度の場合には付着物を完全に除去しパッチング材などでスタンプし補修する。

8. 炉底の築造

- 8.1 炉底のドアを閉め，支えを用いてドアが外れないように装着する。
- 8.2 炉底の下側には敷砂を敷き上側には、床砂を敷く。特に区別をしなくてもよい。
- 8.3 敷砂，床砂の厚みは溶解量に応じて調節する。
- 8.4 炉の大きさと炉底砂全体の厚さとの関係を図7. 3-4に示す。

1.2-7.3(4/4)

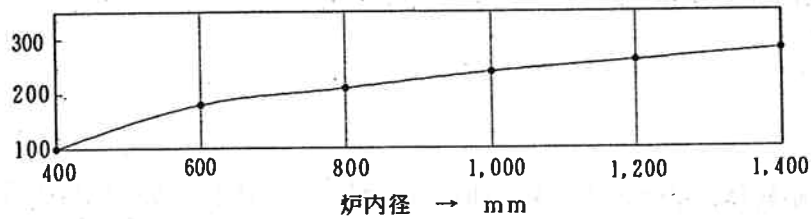


図7. 3-4 炉底砂の厚み

8. 5 床砂は出湯口に向けて1 mにつき50～60 mmの逆勾配をつける。
8. 6 炉底を開かない長時間操業タイプのキューポラでは、炉底も湯溜帯と同じ仕様の耐火材で施工する。

参 考 例

1. パッチング材の配合例 パッチング材の配合例を以下に示す。いずれも水を適量加えて使用する。

パッチング材配合例

- a) ロウ石モルタル40%+珪砂30%+黒鉛30%+水適量
- b) ロウ石モルタル45%+珪砂45%+木節粘土10%+水適量
- c) 珪砂85%+木節粘土15%+重曹0.3%+水適量
- d) 市販パッチング…… SiO_2 - Al_2O_3 系, 黒鉛系, MgO 系など。

2. 炉底砂の配合例 (％)

		古 砂	珪 砂	木節粘土	耐火モルタル	水 分
敷 砂	1	100	—	—	—	1.5～2.0
	2	—	100	—	—	1.5～2.0
床 砂	3	—	—	—	100	1.5～2.0
	4	—	100	5	—	3.5～5.5
	5	90	10	5	—	5.0～8.0

溶解作業（キュボラ）	キュボラ点火	1.2-7.4
製造方法	及び乾燥法	1/1

1. 適用範囲 鋳鉄鋳物の製造を目的とする。キュボラ作業における点火および乾燥法について規定する。

2. 準備作業

- 2.1 点火に必要な諸材料，コークス，薪，油布，紙屑，および木炭等を準備する。
- 2.2 羽口を開いておくか，または，羽口から送風する。
- 2.3 出湯口，予備出湯口を，コークス紛または黒鉛を水で混練したものあるいは耐火材で閉鎖する。

3. 点火および乾燥

- 3.1 炉内に薪を適当量，下より順次燃えやすいように装入する。
- 3.2 送風開始少なくとも3時間前に点火する。
- 3.3 油布または適当な方法で薪に点火する。
- 3.4 薪に充分着火し，火炎が上り始めたならばベッドコークスの一部を火炎が見えなくなる程度に装入する。
- 3.5 再び火炎が上昇したならば前回と同様にコークスを装入し，これを数回繰り返して規定量を装入する。
- 3.6 その他必要に応じて強制送風による燃焼促進法，ガスバーナー点火法，重油点火法，および酸素利用による点火法を用いてもよい。また、着火に充分な火力が得られる場合は点火前にベッドコークスを投入してもよい。

溶解作業（キューボラ）	ベ ッ ド コ ー ク ス	1.2-7.5
製 造 条 件	高 さ の 調 整 法	1/2

1. 適用範囲 鋳鉄鋳物の製造を目的とするキューボラ作業に於けるベッドコークス高さの調整法について規定する。

2. 準備作業

2.1 ベッドコークスは7. 4項に従ってあらかじめ完全に着火させておく。

2.2 ベッドコークス高さ測定用具，調整用コークスを準備する。

3. コークス装入作業

3.1 ベッドコークス高さを測定するに先立ち，ベッドコークスの一部を装入する。

3.2 あらかじめ装入されたコークス量を規定のベッドコークス高さに若干充たない量としておく。

3.3 ベッドコークス高さが規定の高さになるための全コークス量を計算しておく。

4. ベッドコークス高さの調整

4.1 ベッドコークス高さの標準を表6. 3-1に示す。

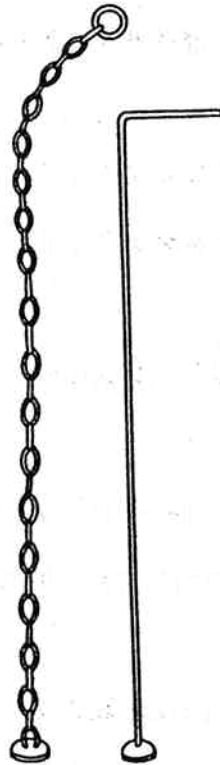
4.2 適当量のコークスを装入した後，適当な時間，低風量で空吹きを行ない，コークスに完全に着火させ，落ち着かせる。

4.3 装入口より測定用具を下ろして高さを測定し，不足分を装入する。

4.4 調整用コークスを過大に使用した場合には再び空吹きを行い，コークス高さを再調整する。

参 考 例

1. ベッドコークス高さ測定用具例



溶解作業（キュポラ） 製造方法	キュポラ材料装入法	1.2-7.6
		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とするキュポラ溶解作業に於ける地金，追込みコークス等の材料装入法について規程する。

2. 準備作業

2.1 装入材料が準備されているかどうかを確認する。

2.2 造型責任者，その他関連作業部門責任者と連絡し装入開始の時期を決定する。

3. 装入作業

3.1 材料は全て秤量して装入しなければならない。

3.2 装入順序はコークス，石灰石，合金鉄，地金の順とすることがのぞましい。

3.3 地金は炭素量の低いものから装入することがのぞましい。

3.4 石灰石はできるだけ炉の中心に装入することがのぞましい。

3.5 装入物が一方の側に片寄ってはならない。

3.6 装入材料が一定の所まで低下したならば直ちに次の装入を行う。

溶解作業（キューボラ）	出 銑 作 業	1.2-7.7
製 造 方 法		1/2

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキューボラ作業に於ける初期および中期の出銑作業について規定する。

2. 準備作業

2.1 装入材料が有効高さまで装入されているかどうかを確認する。

2.2 送風装置，集塵装置，計測計器を点検整備する。

2.3 炉前試験，記録用紙が整備されているかどうかを確認する。

2.4 溶解用工具が整備されているかどうかを確認する。

3. 操業初期の出銑作業

3.1 羽口をのぞき，汚れていたら清掃する。

3.2 送風機を運転しダンバーを除々に開いて炉内に送風する。

3.3 送風開始後初滴の下りる時間を測定して操業条件の参考とする。

3.4 送風開始後15～20分後に出湯口をあける。

3.5 前方除滓式樋の場合，樋に湯が流れ出したら途中で湯が凝固しないことを確認した上で，樋に蓋をする。

4. 操業中期以後の出銑作業

4.1 溶解責任者は出湯温度，風量，風圧，スラグ性状，溶解速度，炉頂ガスおよび炉前試験の状況を看視し，炉状全般について常に注意しなければならない。

4.2 炉況が順調でないと判断した時は、責任者は直ちに対策をとらねばならない。（9項参照）

4.3 羽口を監視してコークスが黒くなっていたら突いて移動させてやり，スラグが付着したら突落す。

4.4 造型場その他の関連職場と連絡をとり注湯作業の調整のために風量の調節を行う。場合によっては操業を中断する。

4.5 最後の装入が終了したら，材料の下り具合に応じて送風量を下げるか，または特に風量が一定に保つようにしなければならない。

5. 操業記録 出銑作業は操業記録紙に全て記録しなければならない。

キ ュ ポ ラ 操 業 記 録

— 95 —

溶解作業（キューポラ）	キューポラ初湯の	1.2-7.8
製造方法	処理法	1/1

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とするキューポラ作業に於ける初湯の処理法について規定する。

2. 初湯の処理法

2.1 初湯は炭素，珪素含有量が高く，温度が低いので，誘導炉等へ配湯して成分調整および昇温するか，注湯する鑄型を限定しなければならない。

2.2 注湯する鑄型に適当なものがない場合は芯金，冷し金，金枠または「インゴット」を作る。

溶解作業（キューボラ） 製造方法	炉前試験方法	1.2-7.9
		1/4

1. 適用範囲 鑄鉄製造時のキューボラ溶解および溶湯処理作業において溶湯の適否すなわち化学組成、接種効果、黒鉛球状化などの判定を迅速に行うための炉前試験について規定する。
2. 化学成分 原材料配合計算（製造品の化学成分仕様に基づく）に従って溶解された溶湯の化学成分を判定する。
 - 2.1 炭素当量（C E）の測定
C Eメーター（迅速熱分析計）で炭素当量およびC %、S i %の大まかな値を予測することが出来る。しかしながら、品質管理、品質保証、そして高品質鑄鉄鑄物の製造が要求される今日においては、迅速で多元素の分析が出来る機器分析装置（発光分光分析、蛍光X線分析装置など）に替わりつつある。
 - 2.2 機器分析装置による成分分析
最も多いのが発光分光分析装置である。溶解現場に設置でき、炉前分析の要求に応えられる装置が市販されている。蛍光X線分析装置でも多元素を短時間で測定できる装置が開発されている。
3. その他チル試験など
楔型や板チル試験片を用いたチル試験は、化学成分測定の補助あるいは溶湯の分析出来ない化学成分、ガス含有量などの状況、その他溶湯性状を判定する上で必要である。市販されている熱分析によるチル化傾向などを判定する装置を使用する事もできる。
4. 化学成分の調整
上記判定結果により成分調整などを行う。調整が適切かどうか再チェックが必要である。本溶解法の場合、誘導炉と異なり炉前での成分調整は S i %に限られる。二重溶解システムあるいは付帯設備として保持炉がある場合は、誘導炉と同じように成分調整できる。
5. 出湯温度 浸漬型熱電対温度計、光高温計、放射温度計、赤外線温度計などを用いて測定する。最も信頼性があり実績があるのは浸漬型熱電対温度計である。その他の温度計は補正が必要になるので測定手順及びメンテナンスを怠ってはならない。
製品の大きさ、形状、種類などにより適切な出湯温度がある。特にダクタイル鑄鉄製造においては黒鉛球状化処理時の反応や残留M gの歩留りに差があるので測温は出来るだけ正確に行うことが必要である。
6. 出湯量 吊り秤あるいは台秤にて、決められた量の溶湯が受湯されていることを確認すること。接種処理や球状化処理においては決められて処理量に基づき処理剤が添加されているので受湯量の多、少により過剰あるいは過少処理になり不良が生じる。特にダクタイル鑄鉄製造においては注意すること。
ばね秤、油圧秤、ロードセル秤などがあるが、その最小単位、最大秤量値、耐熱性、表示の見やすさ等を考慮して選択すること。

7. 溶湯処理結果の判定

鑄型に注湯する前に溶湯性状を迅速でより正確に判定する事が大切である。接種効果の確認、ダクタイル鑄鉄においては黒鉛球状化の確認をしなければならない。

7.1 接種処理

一般的にねずみ鑄鉄での接種効果の判定はチル試験片によるチルの幅あるいは深さを判定し溶湯を管理する。効果がある場合は接種前より「小さく」あるいは「浅く」なる。機器分析出来る場合は処理後のSi%を測定し、その増加分を管理することにより処理作業の管理が出来るが、接種効果はフェーディングするので処理後の経過時間の管理も怠ってはならない。

7.2 黒鉛球状化处理

黒鉛が球状化しているかどうかを判定する。発光分光分析で残留Mg%の分析、段付丸棒試験片にて破面検査、簡易研磨後検鏡そして超音波伝播速度の測定などで判定する。処理後のSi%増加分を管理することにより処理作業の管理（入れ忘れ、計量ミス、受湯量の多、少など）が出来る。当然フェーディングの時間管理は厳重に行うこと。

8. 記 録 以上の項目に於ける測定値は記録し、統計的に管理出来る体制が大切である。

参考資料

表 7.9-1 鑄鉄種類とCEメーター初晶温度の目安

材 質	成 分 目 標 値				CEメーター	
	炭素当量最大		炭素当量最小		接種前初晶温度 °C	
	TC	Si	TC	Si	最高	最低
F C D	3.90	2.00	3.60	2.50	1177	1122
F C 10	3.70	2.40	3.60	2.50		
F C 15	3.80	2.00	3.00	2.25	1180	1130
F C 20	4.20	0.90	3.60	1.80	1207	1150
F C 25	3.50	1.80	3.10	2.00	1210	1171
F C 30	3.35	1.70	3.00	1.80	1234	1171
F C 35	3.10	1.80	2.80	1.70	1250	1225

日本強靱鑄鉄協会：低周波電気炉に関するアンケートの集計（46年12月）

CEメータでは温度単位に「°F」が使用されている。換算は以下参照

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9, ^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 9/5 + 32$$

1.1-7.9 (3/4)

参考資料

チル試験片の形状寸法

(出典：鋳鉄溶解部会; 鋳物 41 (1969) 12,71/107、Annual Book of ASTM Standards Part2; 1981, 186/187)

試験片の選択目安：楔型においてはチル幅 (W) が B の半分を超えないような番号を選択すること。

板チルでは、適切なチル深さはそれぞれ次のようである。

C1 : 2 ~ 9.5、C2 : 3 ~ 13、C3 : 4.5 ~ 20、C4 : 6.5 ~ 25、C5 : 8.5 ~ 30 mm

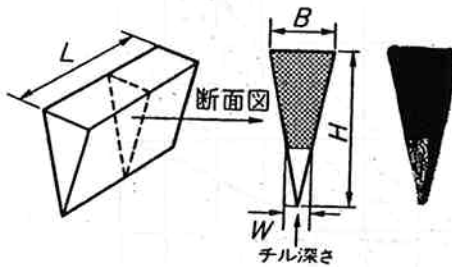


図 7.9-1 楔型試験片の形状

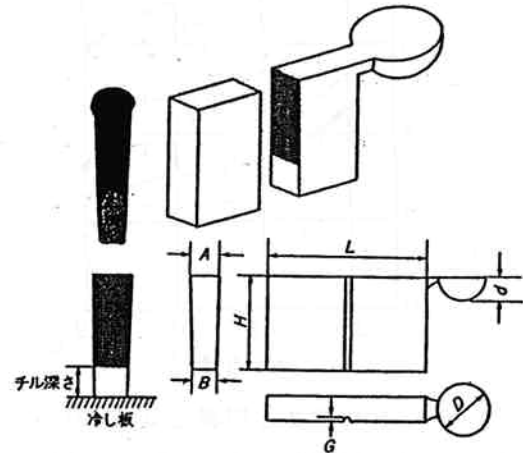


図 7.9-2 板チル試験片の形状

表 7.9-2 楔型試験片の寸法

NIK 規格 ¹⁾ (単位: mm)			
番号	B	H	L
W1	5.0	25.0	100.0
W2	10.0	30.0	100.0
W3	20.0	37.5	100.0
W4	25.0	45.0	125.0
W5	30.0	50.0	150.0

ASTM 規格 ²⁾ (単位: mm)			
番号	B	H	L
W1	5.1	25.4	101.6
W2	10.2	31.8	101.6
W3	19.1	38.1	101.6
W3½	25.4	44.4	127.0
W4	31.8	50.8	152.4

表 7.9-3 板チル試験片の寸法

NIK 規格 ¹⁾ (単位: mm)							
番号	A	B	H	L	D	d	G
C1	6.0	3.0	30.0	65.0	18.0	12.5	0.8
C2	8.5	5.0	37.5	75.0	22.0	12.5	0.8
C3	11.0	8.0	45.0	85.0	22.0	12.5	1.3
C4	15.5	12.0	50.0	100.0	25.0	15.0	1.3
C5	20.0	16.5	65.0	125.0	25.0	15.0	1.5

ASTM 規格 ²⁾ (単位: mm)							
番号	A	B	H	L	D	d	G
1C	6.4	3.2	31.8	63.5	19.1	12.7	0.8
2C	7.9	4.8	38.1	76.2	22.2	12.7	0.8
3C	11.1	7.9	44.4	88.9	22.2	12.7	1.6
4C	14.3	11.1	50.8	101.6	25.4	15.9	1.6
5C	20.6	17.5	63.5	127.0	25.4	15.9	2.4

参考資料

チル深さと炭素当量、引張強さおよびブリネル硬さとの関係を図 7.9-3,4,5 に示されている。

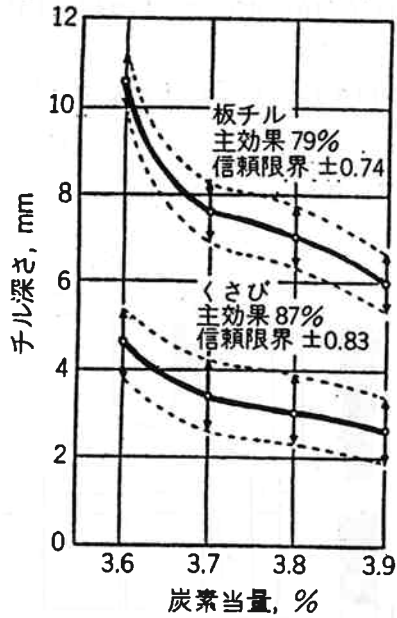


図 7.9-3 チル深さと炭素当量 (CE) との関係
出典：鑄鉄溶解部会; 鑄物 41 (1969) 12,71/107

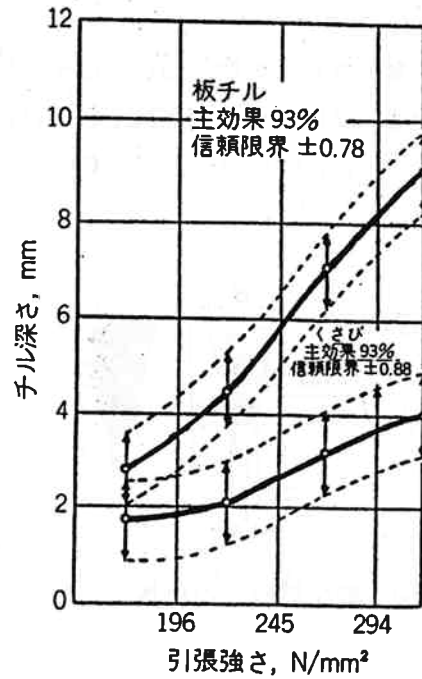


図 7.9-4 チル深さと引張強さとの関係
出典：鑄鉄溶解部会; 鑄物 41 (1969) 12,71/107

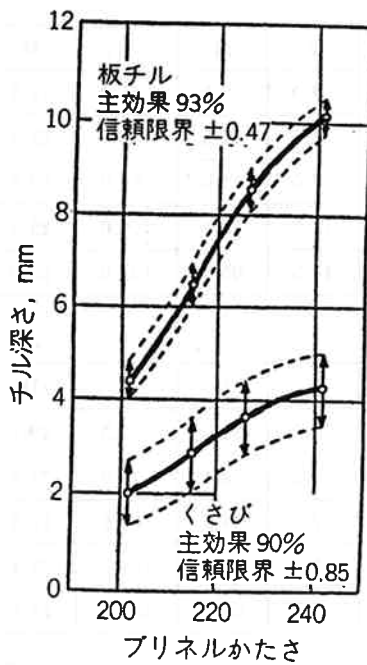


図 7.9-5 チル深さとブリネル硬さとの関係
出典：鑄鉄溶解部会; 鑄物 41 (1969) 12,71/107

溶解作業（キュボラ）	配合切換え方法	1.2-7.10
製造方法		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキュボラ作業に於いて配合割合の異なる地金を連続的に溶解する場合の作業方法について規定する。

2. 作業方法の種類

作業方法を次の通り区分する。

2.1 コークスを余分に装入して溶湯を区切る方法

2.2 そのまま連続的に操業して異種の溶湯を得る方法

3. 準備作業

3.1 切換えるべき配合に使用する地金を準備する。

3.2 2.1 の方法による場合はコークスを1～3山分を準備する。

3.3 2.2 の方法による場合は、溶解速度を把握して切り換わった時期に於ける溶湯の混合に対処する。

3.4 炉前検査を十分に行えるように準備する。

4. 切換え作業

4.1 2.1 の方法による場合、切換えにあたり1～3山分のコークスを余分に装入し、引続いて切換えた配合に基づいて地金を装入する。

4.2 2.2 の方法による場合、あらかじめ溶解速度を把握した後、切換えた配合に基づいて地金を購入する。

4.3 数種の異なる配合にて溶解する場合、性質の近い配合を接近させて低級のものから高級のものという順序で溶解するのがのぞましい。

4.4 切換え期前後の溶湯に対して特に十分に炉前試験を行い、切換え期を確認しなければならない。

溶解作業（キュポラ）	バンキング操業	1.2-7.11
製造方法	（フルチャージバンキング）	1/2

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキュポラ操業に於ける水冷ノーライニングキュポラのフルチャージバンキング操業について規定する。

2. フルチャージバンキング作業

2.1 休風時間中に消耗するベッドコークスを補充する目的で、あらかじめコークスを追加装入する。コークスの追加装入量は、休風時間が長い程多く設定する。

2.2 溶解速度と材料装入のチャージ数および出湯成分により追加装入コークスがベッド部に到達したのを確認し送風を停止する。

2.3 湯溜り部の溶湯が凝固する可能性が生じる様な長時間休風になる場合（1. 5～2時間以上の休風）は30分間程度の送風を行い、湯溜り部の温度の下った溶湯を炉外へ出してやるとともにベッドコークスを活性化しておく。

2.4 休風時、羽口と炉体への送水量は変化させない。

3. 復帰作業

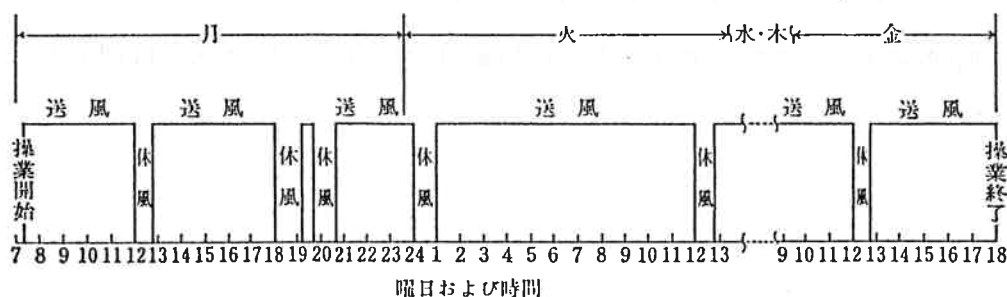
3.1 そのまま再送風を行う。

3.2 送風後の溶湯に対して十分な炉前検査が行える様に準備する。

参 考 例

1. 1週間連続操業の送風パターン（24t/hキュポラ）

〔鋳鉄溶解ハンドブック，1983〕



1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とするキューボラ操業に於ける水冷ノーライニングキューボラの
コークスバンキング操業について規定する。

2. コークスバンキング作業

- 2.1 地金の装入が終了したら送風量を徐々に下げ、出湯口からの出湯停止を確認する。
- 2.2 キューボラの絞り口をランスにより開けて、湯溜まり内の残湯とスラグを排出する。
- 2.3 復帰初日ベッドコークス使用量の約半量を目安にホールド用コークスを装入し、羽口のぞき窓の開度などによって流入空気を調整して保火する。
- 2.4 キューボラの絞り口からのスラグの排出が完全に停止したら送風を停止し、キューボラ出湯口部を耐火材にて閉塞する。
- 2.5 絞り口およびキューボラ出湯口部に付着したスラグを取り除き、必要があれば補修を行う。

3. 復帰作業

- 3.1 再送風は、7. 7 項の出銑作業に準じる。
- 3.2 送風後の溶湯に対して十分な炉前検査が行える様に準備する。

溶解作業（誘導炉/キューボラ） 製造方法	脱 硫 処 理	1.2-7.12
		1/3

1. 適用範囲 ダクタイル鋳鉄製造時、キューボラ溶解作業における高硫黄含有溶湯の脱硫処理方法について規定する。

キューボラ溶解では低S%原材料を使用してもコークスからの吸硫のため低S%溶湯を作ることが出来ない。従って本処理が必要になる。

2. 脱硫剤の種類

苛性ソーダ（NaOH）、ソーダ灰（ Na_2CO_3 ）、生石灰（CaO）、石灰石（ CaCO_3 ）、カルシウムカーバイド（ CaC_2 ）、石灰窒素（ CaCN_2 ）、無脱硫球状化处理、その他

3. 脱硫処理

3.1 脱硫剤の添加量は溶湯の硫黄（S）含有量、処理温度、添加剤の種類などを考慮し決定する。

3.2 脱硫効果をより良くする様なそれぞれの工場に適した添加処理方法を選択する。

4. 処理方法 表面添加+攪拌法、置注ぎ法、揺動とりべ法、噴射注入（インジェクション）法、ポーラスプラグ法、ポーラスプラグ連続脱硫法など。

5. その他 脱硫剤は人体に危険な物が多いので、保管、添加時の作業基準および処理反応生成物（脱硫滓）の管理、及び取り扱いに十分注意すること。安全データシート(MSDS)の注意事項に従った管理を怠らぬようにしなければならない。

処理により溶湯温度が低下するので昇温が出来ない場合は、球状化处理と同時に進行する場合がある。また、脱硫処理をせず黒鉛球状化剤を多めに添加し、球状黒鉛鋳鉄を製造する場合、これを「無脱硫球状化处理」と呼ぶ。

脱硫後の分析値は0.01～0.03%を目安とする。あまり低くし過ぎると球状化处理剤との相性でチル化傾向が助長される。操業条件は実際の分析値より自社で決定する事が大切である。

参考資料

主な脱硫処理方法が図 7.12-1 に示されている。

キュボラ溶湯を脱硫処理する方法が主であるが、誘導炉で作られた高硫黄溶湯でも同じ処理方法が使用できる。しかし現状誘導炉溶解では、低硫黄の材料が安く容易に入手できるようになったのであまり使用されていない。また管理、安全作業及びコスト面から無脱硫球状化处理が一般的である。

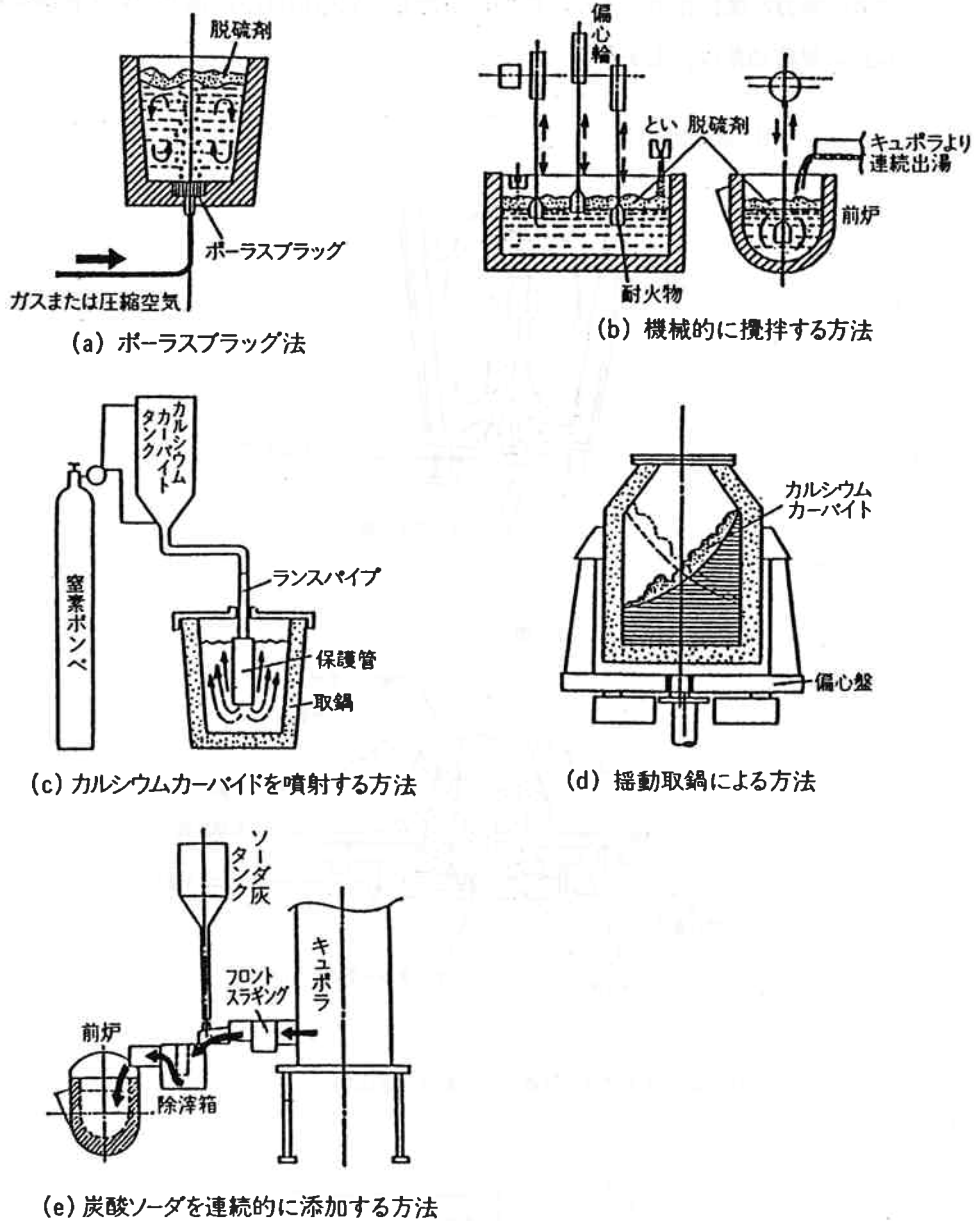


図 7.12-1 主な脱硫処理方法

参考資料

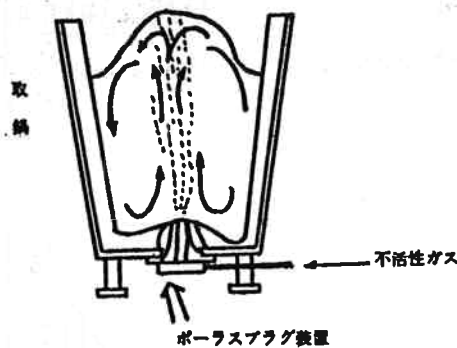
ポーラスプラグ法による作業例が図 7.12-2 に示されている。

ポーラスプラグ (取鍋底面ガス噴射装置)

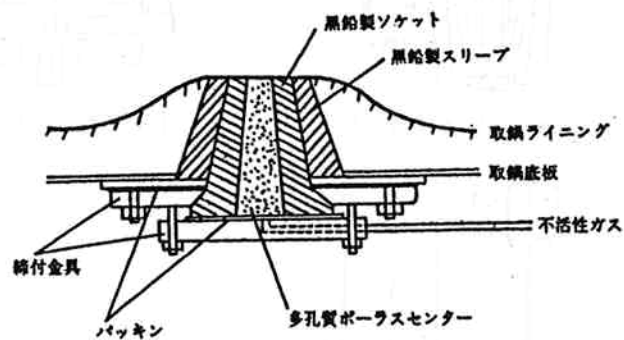
多孔質のプラグ (下図) を取鍋の底に取付け、不活性ガスを噴射し取鍋内容湯の攪拌を目的とした装置である。

溶湯の強力な攪拌作用により、表面に添加した脱硫剤は、溶湯と充分な接触反応が得られ、脱硫効果は向上する。

(1) 溶湯攪拌状況



(2) ポーラスプラグ部分図



(3) ポーラスプラグ使用による脱硫作業工程

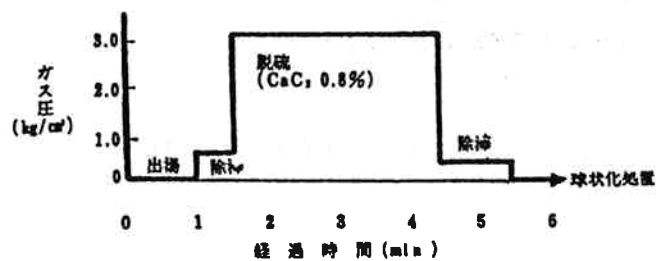


図 7.12-2 ポーラスプラグ法による作業例

溶解作業（誘導炉/キューボラ） 製造方法	黒鉛球状化処理法	1.2-7.13
		1/6

1. 適用範囲 ダクタイル鋳鉄の製造を目的とする黒鉛球状化処理作業について規定する。
2. 黒鉛球状化剤の種類
純 Mg、Ni-Mg、Fe-Si-Mg、Fe-Si-Mg-RE、Fe-Si-Mg-RE-Ca、Mg 含有ワイヤー、KC 剤、OZ 剤等。
3. 処理方法 サンドウィッチ法が一般に普及しているが、以下に処理方法を分類し示した。それぞれの方法により使用する球状化剤の種類及び粒度等が異なる。
 - 3.1 装置が必要な方法：コンバータ法、圧力添加法、プランジャー法、キャンディ法、ワイヤー法
 - 3.2 特殊取鍋に依る方法：サンドウィッチ法、タンディッシュ法、ティーポット法、フロートレット法、インコノッド法など。
 - 3.3 鑄型内球状化処理法：鑄型内の湯口底あるいは湯道に反応室を設け、球状化剤をセットした後、注湯作業を行う。

4. 処理方法の選択

処理方法にはそれぞれ大きな特徴があるので各社の設備、製造品、コスト等の条件を十分に考慮し選択する。

5. 作業上の注意事項

- ・添加量の決定は、処理溶湯の S %、処理溶湯量、取鍋形状などによる。
- ・処理温度は Mg の歩留りに大きな影響を与えるので正確に管理すること。
- ・処理量は添加量を大きく左右するので正確に出湯出来るようにすること。
- ・処理後の分析試料を採取すること。
- ・反応生成物（スラグ、ドロス、ノロなどと呼ばれている。）を除去すること。
- ・処理後より球状化のフェーディング（退化）が始まるので球状黒鉛が崩れない内に注湯作業を終えること。この時間をフェーディング時間と呼び管理する。
- ・その他それぞれの処理方法により特殊な注意事項があるので厳守すること。

6. 添加量の決定

処理条件（処理方法、球状化剤、処理量、処理温度、処理溶湯（元湯）の S %など）を定め、残 Mg 分析を実施し Mg 歩留りを調べ次式より添加量の標準値を決定すること。

$$\text{MgA} (\%) = (\text{MgR} + \text{MgO} + \text{MgS} + \text{MgV}) / \text{MgY} \times 100$$

MgA：球状化剤から添加される Mg %（＝球状化剤の Mg 含有量% x 添加量% / 100）

MgR：黒鉛球状化に必要な残留 Mg %（鑄物の肉厚により、薄物～厚肉：おおよそ 0.03 ～ 0.06 %）

MgO：溶湯中で酸素と結合して MgO となる Mg % = 1.5（元湯－処理後）O %；分析にて決める。

MgS：溶湯中で硫黄と結合して MgS となる Mg % = 0.76（元湯－処理後）S %；分析にて決める。

MgV：保持中の Mg 損失（0.0001 ～ 0.001%/分）%；保持量、保持温度、取鍋の形状などにより異なるので分析にて決める。

MgY：Mg 歩留り%；分析にて決める。

参考資料

種々の黒鉛球状化処理法が図 7.13-1 ～図 7.13-11 に示されている。

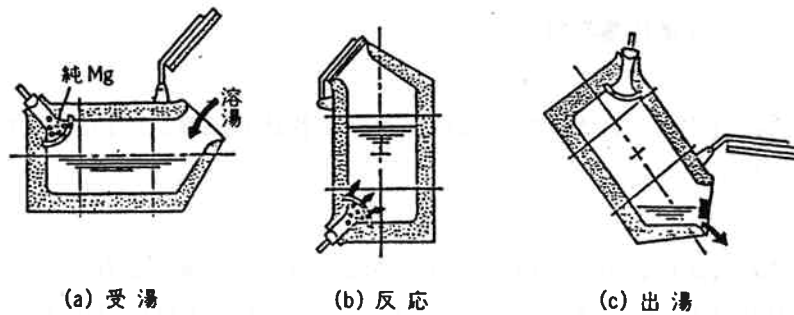
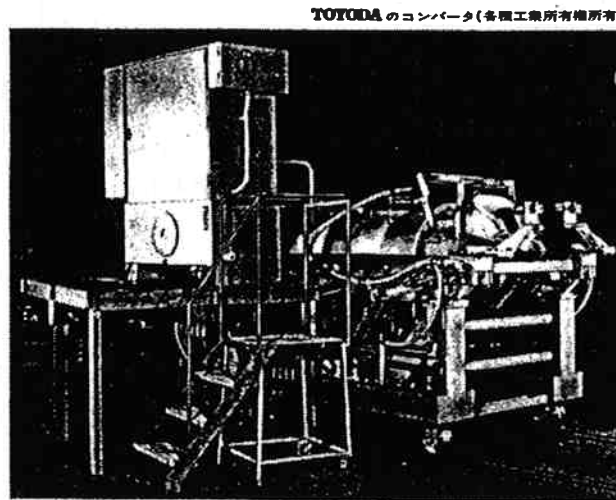
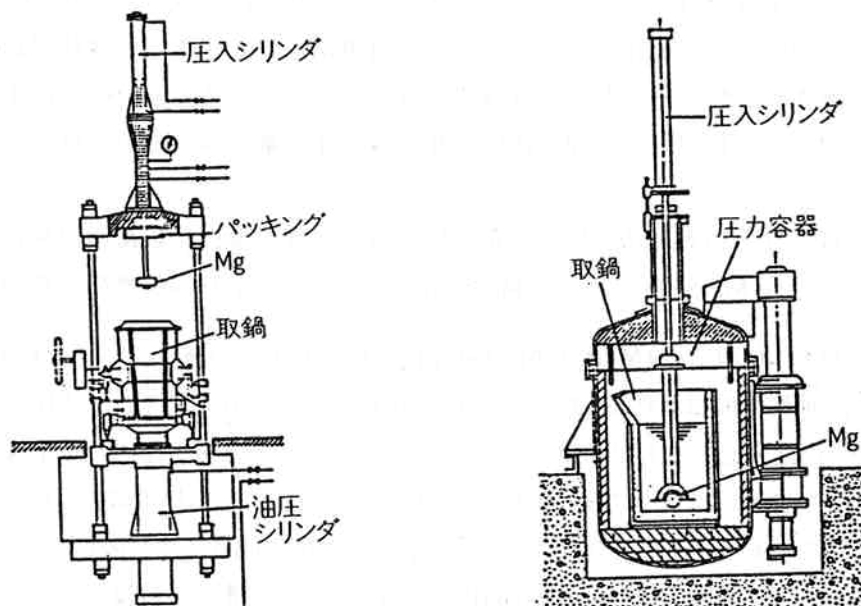


図 7.13-1 コンバーター球状化処理法



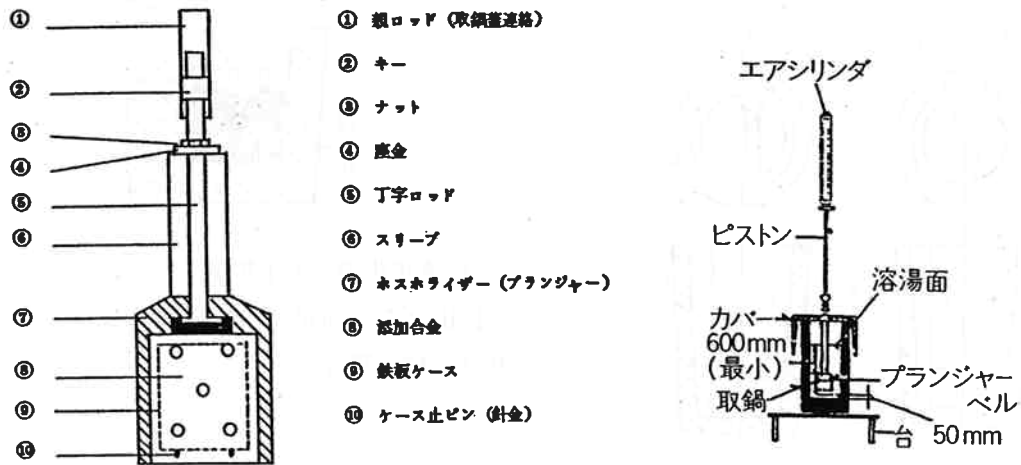


図 7.13-3 プランジャー球状化処理法、使用するプランジャーの説明 (左)、設備 (右)

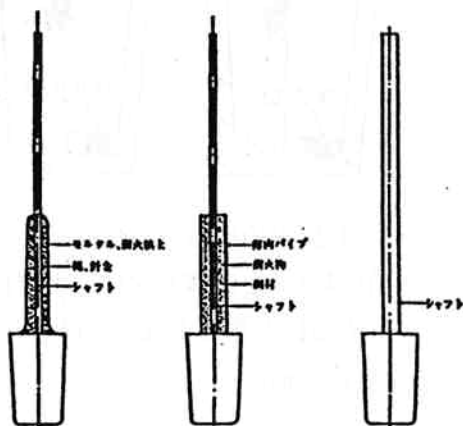


図 7.13-4 キャンディー球状化処理法
 使用するキャンディー (球状化合金の説明図)
 設備など使用方法はプランジャー法と同じ。

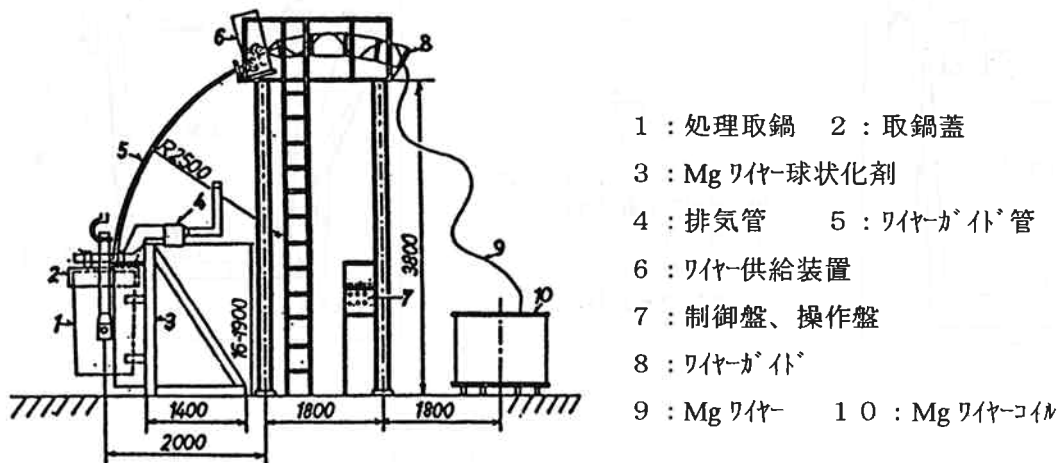
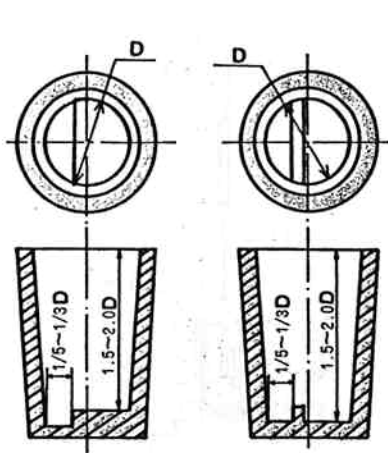


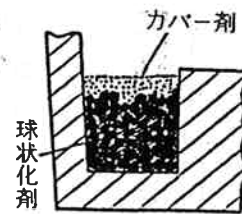
図 7.13-5 ワイヤ球状化処理法設備の概要説明図



(A) 処理ポットの形状

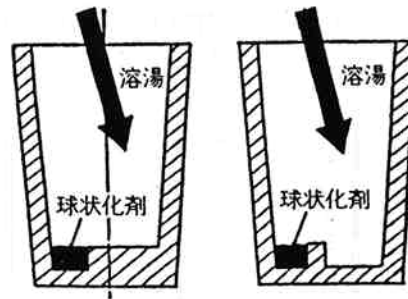
深さ = 直径 (D) × 1.5 ~ 2.0

処理ポット: 1/5 ~ 1/3 × D



(B) 球状化剤のセット方法

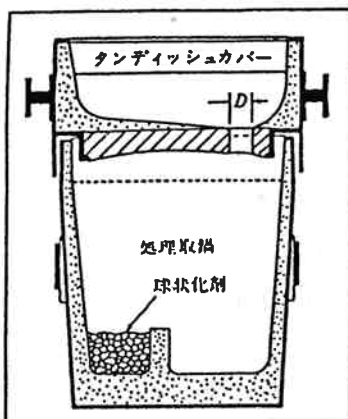
球状化剤の表面が出ない様均一に
カバ材で覆うこと。



(C) 受湯の仕方：処理ポット

処理ポットを直撃しない。迅速にかつ
決められた量を正確に受湯する事。

図 7.13-6 サンドウィッチ球状化処理法



$$D = 2.2 \sqrt{\frac{W}{t \sqrt{h}}}$$

ここで D : 注入口の径 (cm)

W : 処理溶湯量 (kg)

t : 注入時間 (秒)

h : タンディッシュカバーで
の鍋の高さ (cm)

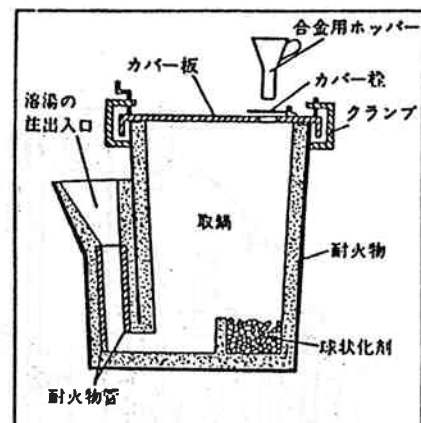


図 7.13-7 タンディッシュカバー球状化処理法

図 7.13-8 ティーポット球状化処理法

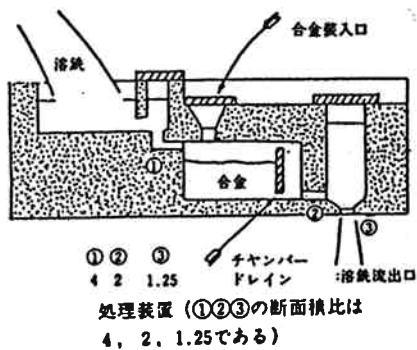


図 7.13-9 フロートレット球状化処理法



Sg iron has been cast since 1989.

Imconod 法による黒鉛球状化処理

P.V.Palmer, D.B. Wright; Foundry T.J. 158, (1985)
No. 2304, P. 323~325

図に示すように一種のタンデム法であるが、Mg処理をかなり密閉した状態の空間で行うようになっている。取鍋の容量は目的に応じて変えることが出来、湯の流れの下に取鍋を置いて自由に溶湯をとることが可能である。

この処理装置は堰鉢の上や、湯口の上に置くことができ、処理した湯が直ちに鋳型内に入る。

この方法を用いて5%Mg-Fe-Si合金1%で15~50Kgの1500℃を保った溶湯処理が十分できる。一般の処理法(置き注ぎ法)では同じMg合金添加量は1.8~2.0%必要とするので、Imconod 法はMg歩留も遙かに良いといえる。

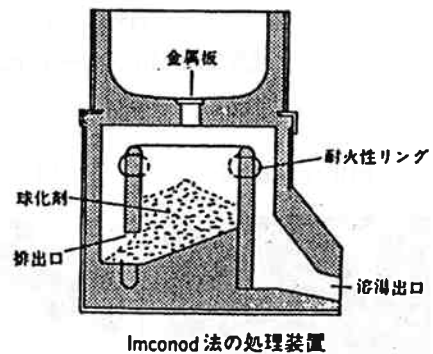
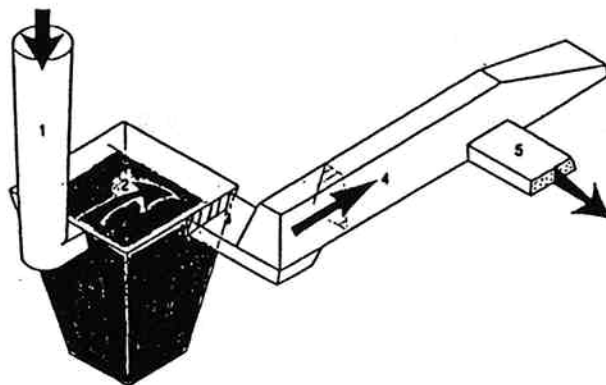


図 7.13-10 インコノッド球状化処理法



インモールド法のための湯口系概略図

図 7.13-11 鋳型内 (インモールド) 球状化処理法

《インモールドプロセス》

Mgを含有した球状化処理合金を湯口系に設けられた反応室にセットして注湯時に鋳型内で球状化処理が行われるものです。予め計算された湯口系に鋳込まれた溶湯は、反応室でMg合金と反応したのち鋳型内に一定スピードで充填されます。

《本法の利点》

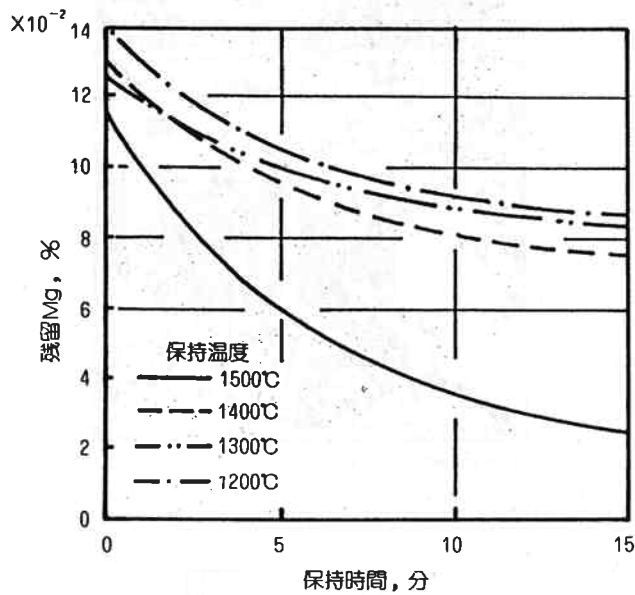
1. 作業環境を汚染しない。
2. 処理溶湯の無駄がない。
3. どの鋳物もほぼ等しい残Mg量になる。
4. 高い球状黒鉛粒数を得られフェライト基組織が促進される。
5. 高いMg歩留を得られる。

《湯口系の説明》

球状化処理を完全ならしめるためには、鋳型内に流れ込む溶湯が均一に処理される様な湯口系を設計することが何をおいても重要です。このことは、図に示す(1)湯口と(4)湯道との間に(2)反応室をもった湯口系をつくることによって解決します。反応室(2)にMg合金粒をつめておき溶湯と接触させます。反応室の設計は処理結果を左右する最も重要なポイントです。

参考資料

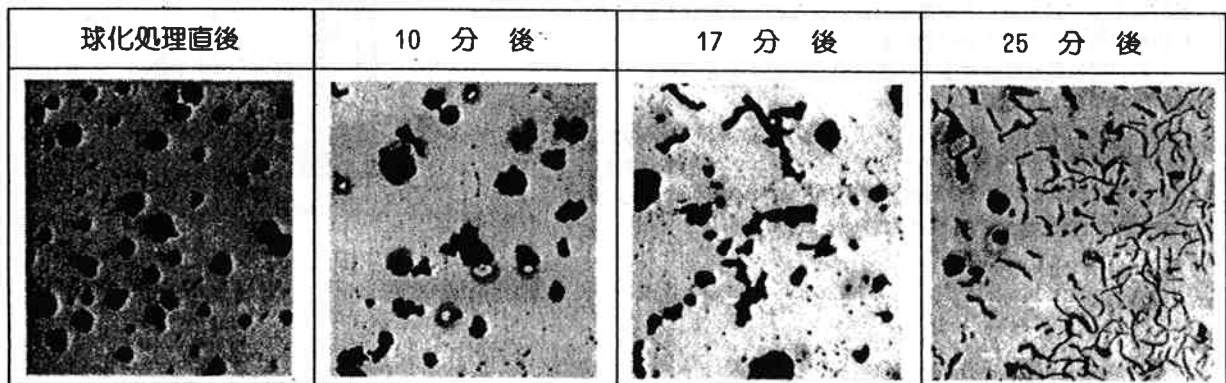
球状化处理後の Mg % のフェーディングと黒鉛組織モデル



代表的なMgフェーディングの様子

(a) 残留 Mg フェーディング

球状化处理溶湯を保持すると時間の経過に伴って Mg は溶湯から消失し、黒鉛形状は粒数の減少、形状が崩れる。Mg フェーディングは保持温度が高いほど大きい。



(b) 黒鉛組織のフェーディングの様子

図 7.13-12 黒鉛球状化处理後のフェーディングの説明

溶解作業（キューボラ） 製造方法	接種処理法	1.2-7.14 1/5
--------------------------------	--------------	----------------------------

1. 適用範囲 鋳鉄の製造時に鑄放し品のでチル防止、黒鉛組織の改善、肉厚感受性の低減および機械的性質の向上などを目的とする接種処理作業について規定する。
2. 接種剤の種類 (1.2-3.9 参照)

Fe-Si 系、Ca-Si 系、黒鉛系等がある。
3. 処理方法 置注ぎ法、表面添加法、鑄型内（インモート）接種法、ワイヤー法、湯流（ストリーム）接種法など。

それぞれの方法により使用する接種剤の種類及び粒度等が異なる。
4. 処理方法の選択

処理方法にはそれぞれ大きな特徴があるので各社の設備、製造品、コスト等の条件を十分に考慮し選択する。
5. 作業上の注意事項
 - ・ 処理前および処理時に接種剤を酸化させないこと。すなわち焼けた取鍋に長時間入れたまま放置、温度の低下した溶湯を処理しないこと。効果の低下ばかりでなくノロの発生を助長する。
 - ・ 接種時期：ねずみ鋳鉄では炉から取鍋に受湯する時、鑄型に鑄込む直前及び鑄型内である。ダクタイル鋳鉄では球状化処理と同時の同時接種、注湯取鍋に空け換える時の後期接種（ポストインキュベーション）、注湯流に添加される注湯流接種そして鑄型内接種である。接種効果は溶湯が鑄型の製品空隙に入る直前の方が大きい。即ちフェーディングが殆どなく少量で大きな効果が得られる。
 - ・ 標準的添加量は、注湯流および鑄型内接種で鑄込み重量の0.1%、その他は処理溶湯量の0.3～0.5%である。多すぎるとノロが多くなったり、未溶解のものが製品にハードスポットを作るなどの問題が発生する。
 - ・ 決められた受湯量（処理量）を正確に出湯出来るようにする。過少、過多は添加量を変えてしまう。
 - ・ 処理後の分析試料を採取すること。Si%の増加分を管理し添加量を確認すること。
 - ・ 反応生成物（スラグ、ドロス、ノロなどと呼ばれている。）を除去すること。注湯流及び鑄型内接種剤は、ノロを除去できないので溶湯に溶けやすく且つノロ発生がより少ない成分になっている。
 - ・ 処理後より接種効果のフェーディング（退化）が始まる。すなわち一度チルが減少した後、時間経過と共にチル化傾向が大きくなる。
 - ・ ダクタイル鋳鉄ではチルの他に一度増加した黒鉛粒数が減少する。効果のある内に注湯作業を終えることが大切である。この時間を接種効果のフェーディング時間と呼び管理すること。
 - ・ その他それぞれの処理方法により特殊な注意事項があるので厳守すること。

6. 接種処理の選択

製品の成分、最小肉厚、形状などのチル化傾向の強弱等を考えて接種剤の種類、処理方法とその組合せおよび接種時期などを考慮して決定すること。チル試験や顕微鏡組織観察などを実施しその効果を確認にすることが大切である。

参考資料

主な接種処理法の特徴を表 7.14-1 に示す。

表 7.14-1 主な接種処理法の特徴

置注ぎ法	処理取鍋底に接種剤をセツし、受湯する方法である。ねずみ鉄では溶解炉、保持炉からの受湯時に、ダクタイル鉄では球状化処理と同時あるいは処理後注湯取鍋への空け換え時に行われる。 接種剤添加量：0.3 ～ 0.6 重量%、サイズ：1 ～ 10mm
表面添加法	処置溶湯表面のノロを十分に除去後、溶湯表面に接種剤を添加する方法。黒鉛棒などで攪拌する。添加量、サイズ共置注ぎ法と同じ
鑄型内接種法	鑄型の湯口底、湯道および堰鉢に特製の固形接種剤をセツしておき、注湯する方法。製品毎に湯口法案の修正が必要となる。 置注ぎ法などに比べフェーディングが殆どなく、処理時に酸化されることもないので添加量は 0.1 重量%が標準。
ワイヤー接種法	サイズ 0.1 ～ 1mm 程度の接種剤を鉄皮で巻いたワイヤー (cored wire) と供給装置 (フィーダー) が必要である。取鍋や注湯流に必要量自動供給する。 取鍋では添加量：0.3 ～ 0.6 重量%、注湯流では 0.1 重量%。
注湯流接種法	サイズ 0.2 ～ 0.8mm 程度の接種剤を注湯流に添加する方法。注湯装置及び注湯場に添加装置が必要となる。標準添加量は 0.1 重量%。

参考資料

ねずみ鑄鉄における接種効果とフェーディングの様子を以下に示した。図中、使用接種剤は上から順に Ca-Si、Ca-Si-Ba、Ca-Si-Ba + Al の3種類。左側はチル深さ、中央は引張強さ、右側は共晶セル粒番号と接種効果との関係を示している。各グラフの横軸は左端が接種無し、次いで0は処理直後、5分、10分、30分の保持時間を示している。

処理直後のチルの低減、引張強さの増加、共晶セル粒番号の増加が接種の効果で、時間の経過と共に効果のフェーディング（退化）がよく分かる。

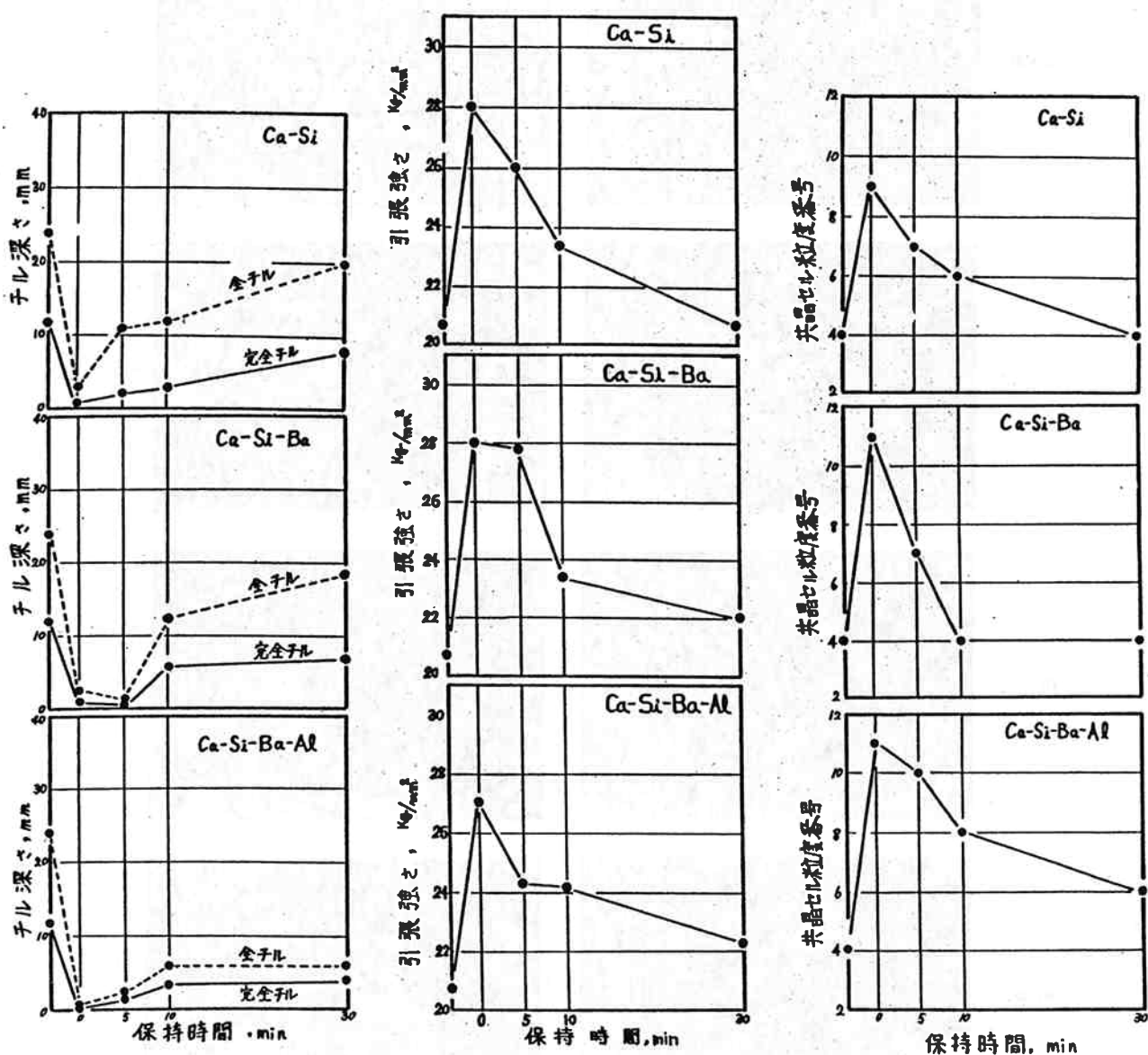


図 7.14-1 ねずみ鑄鉄における接種効果とフェーディングの関係

出典：(財) 総合鑄物センター研究調査報告書 252 (昭和 54 年 6 月)

参考資料

ねずみ鉄のフェーディングの様子が図 7.14-2 の顕微鏡組織写真に示されている。

接種直後 (0 min) では、方向性のないA型片状黒鉛の良好な組織、5 min の保持で樹枝状晶 (左、x60) が現れ、右の x150 の写真には黒鉛が細くなり枝別れが見られるようになる。10 min、30 min と時間の経過にともないこの傾向が更に強くなるのが分かる。保持30 min の組織をD型片状黒鉛と呼び、溶湯の黒鉛化が遅れているためチル化しやすい溶湯となる。

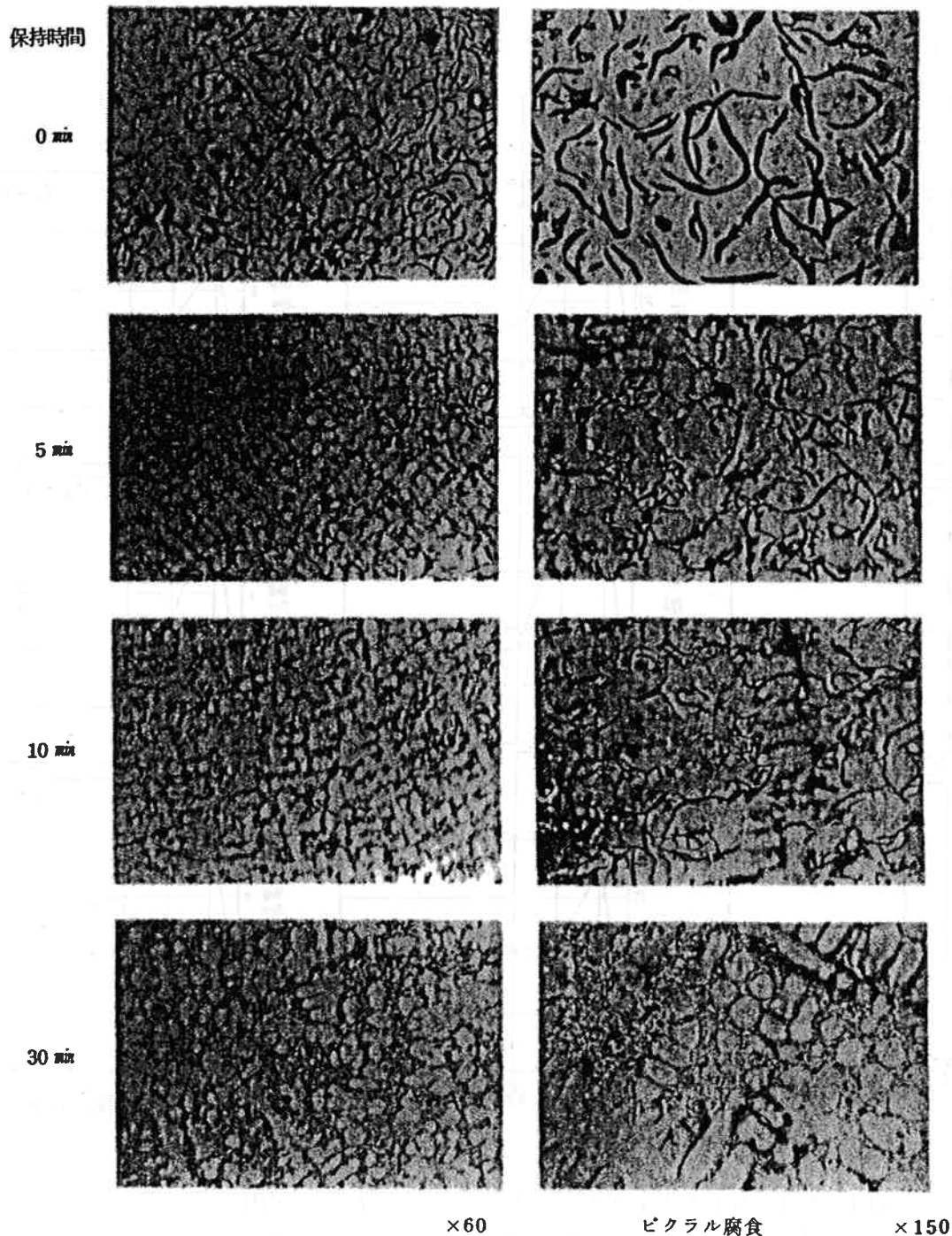


図 7.14-2 ねずみ鉄の顕微鏡組織写真で見るフェーディングの様子
出典：(財) 総合鋳物センター研究調査報告書 252 (昭和 54 年 6 月)

参考資料

ねずみ鑄鉄のチル深さと引張強さに及ぼす化学成分 (Sc, CE) の影響と接種効果が図 7.13-3 に示されている。炭素飽和度 (Sc) 及び炭素当量 (CE) が上がればチル化傾向が下がり引張強さが減少することが分かる。左のグラフより成分が同じならば接種によりチルが著しく減少し、右では接種剤の違いにより引張強さに差があることが示されている。そしてこれらの効果は Sc、CE が低い (C、Si の含有量が少ない) 時ほど大きな効果が得られている。

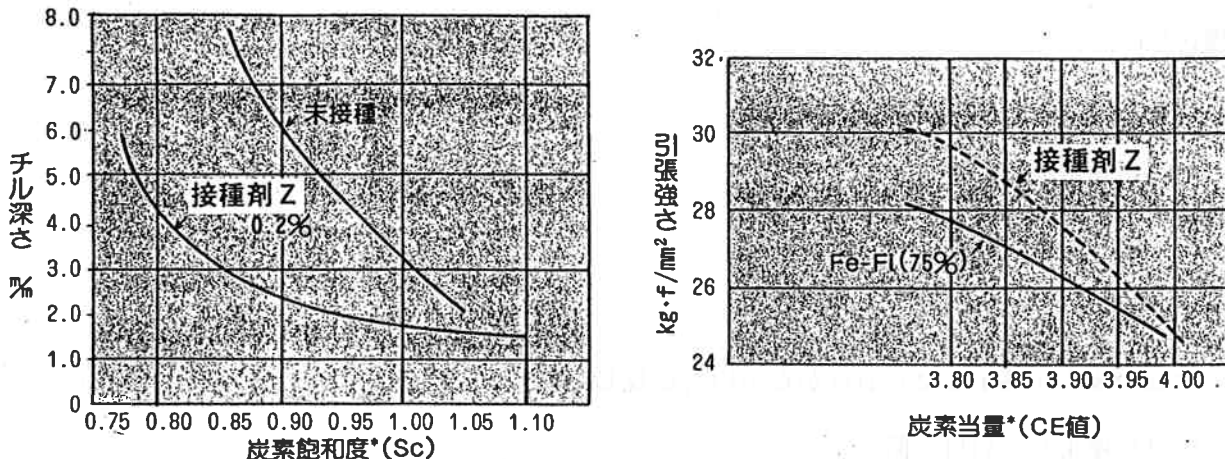


図 7.14-3 ねずみ鑄鉄のチル深さ及び引張強さに及ぼす化学成分 (Sc, CE) と接種効果
 接種：2～8mm サイズの Fe-Si (75%) あるいは接種剤 Z を 0.2% 添加置注ぎ処理
 出典：日下レアメタル研究所から抜粋

参考資料

ダクタイル鑄鉄での接種効果が図 7.14-4 に示されている。未接種品 (左) はセメントタイトの基地に少数の大きな球状黒鉛が在る。これに接種剤 Z を 0.4% 添加処理することによりフェライトの多い健全な基地組織と小径で多数の球状黒鉛が得られている (右)。これらの顕微鏡組織変化は機械的性質の大きな改善につながる。

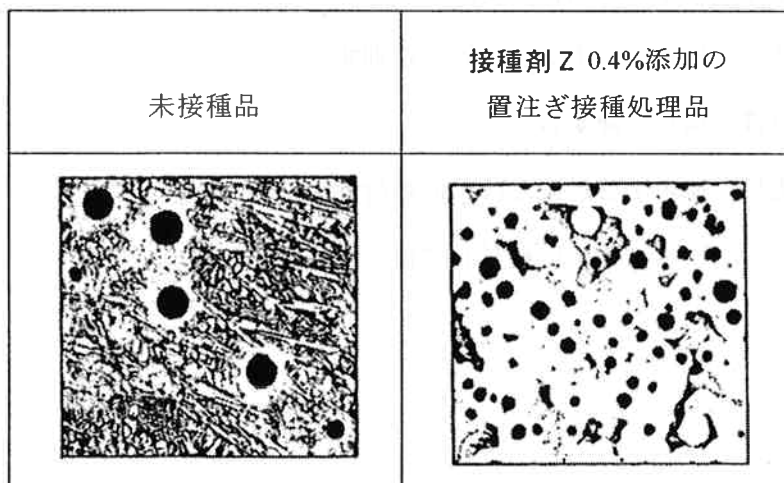


図 7.14-4 ダクタイル鑄鉄での接種効果 (x100、ナイター腐食)
 出典：日下レアメタル研究所から抜粋

溶解作業（キュボラ）	操 業 終 期 お よ び 後 始 末	1.2-7.15
製 造 方 法	作 業 （ライニングキュボラの場合）	1/2

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とするキュボラ作業に於けるライニングキュボラ操業終期および後始末作業について規定する。

2. 準備作業

- 2.1 乾燥をした砂を準備する。
- 2.2 消化用水を準備する。
- 2.3 後始末に必要な用具を準備する。

3. 操業終期作業

- 3.1 地金の装入が終了したら羽口から炉内を監視し、地金が全て適下したのを確認した上で送風を停止し、羽口を開く。
- 3.2 樋または湯溜部の溶湯をしぼる。
- 3.3 溶解残留物が落下する場所にはあらかじめ砂を敷き盛り上げて溶湯の飛散を防ぐ、この場合、危険防止のため下に水が溜っていないことを確認しなければならない。
- 3.4 炉底扉を支えている最後の金具または支えだけを残し他は全て外す。
- 3.5 遠方から棒、鎖または適当な方法で金具または支えを外して炉底扉を開く。

4. 後始末作業

- 4.1 残溜物にすばやく水をかけて消化する。
- 4.2 コークス、スラグ、地金、および炉底砂を選別する。
- 4.3 地金は所定の位置へ戻し整理する。
- 4.4 コークスは乾燥用に使用するかまたは次回の溶解の最後に装入する。
- 4.5 残溜した地金、およびコークスは秤量して操業記録に記録する。

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とするキュボラ作業に於ける水冷ノーライニングキュボラの操業終期および後始末作業について規定する。

2. 準備作業

- 2.1 絞り抜きおよび後始末に必要な用具を準備する。
- 2.2 絞り抜きした残湯およびスラグの受け皿と樋を確認する。
- 2.3 消化用水を準備する。

3. 操業終期作業

- 3.1 地金の装入が終了したら羽口から炉内を監視し、地金が全て滴下したのを確認した上で送風を停止する。
- 3.2 出湯口からの出湯停止を確認したら、出湯口をせき止める。
- 3.3 キュボラの絞り口をランスにより開けて、湯溜り内の残湯を出湯する。
- 3.4 湯溜り内の残湯がスラグに代わるのを確認し、スラグの出方がゆっくりになったら、少量の送風により湯溜り内のスラグを完全に出す。
- 3.5 送風を停止する。
- 3.6 マンホールを開け、コークスを抜く。

4. 後始末作業

- 4.1 残留物にすばやく水をかけて消化する。
- 4.2 コークス、スラグ、地金を選別する。
- 4.3 地金は所定の位置へ戻し整理する。
- 4.4 コークスは乾燥用に使用するかまたは次回の溶解の最後に装入する。
- 4.5 残留した地金、およびコークスは秤量して操業記録に記録する。

溶解作業(誘導炉/キューボラ) 使用試験計測器の能力及び精度	温 度 計	1. 2-8. 1
		1/3

1. 適用範囲 鋳鉄鋳物の製造に使用する、溶湯の温度測定に用いる各種温度計の能力及び精度について規定する。

2. 温度計の種類
3. 温度計の能力、精度 } 参考資料を参照のこと。

参考資料(鋳鉄溶解ハンドブック)

(1) 浸漬型熱電温度計 (immersion pyrometer)

イ) 原理

2種の金属線をその両端で接続し、その両端に温度差を与えるとこの回線に熱起電力を生じる。一方の接点を既知の一定温度とすれば、熱起電力を測定することによって他端の温度を知ることができる。この異種金属線を接合したものが熱電対であり、この方式の温度計を熱電温度計という。浸漬型熱電温度計は、特に溶湯温度の測定に適するように、計器の応答速度を速くしたものである。

ロ) 構造

浸漬型温度計は測温体と電子式自動平衡計器とを組み合わせた温度計である。測温体の熱電対には、一般にPR(白金, 白金ロジウム)系が用いられる。その種類と特性を下表に示す。一般にはRが使用される。最近、良く使用されている消耗型浸漬熱電対の構造図を下に示す。これは、測温体の先端部を、消耗品として、数回の測定ごとに交換するもので、先端部は熱電対を含むカートリッジになっていて、補償導線との接続は、着脱が自在にできるようになっている。

記号	組 成	階 級	測温範囲(℃)	常温限度(℃)
B	+:Pt-Rh(30), -:Pt-Rh(6)	0.5級	600~1700	1500
R	+:Pt-Rh(13), -:Pt	0.25級	0~1600	1400
S	+:Pt-Rh(10), -:Pt	0.25級	0~1600	1400

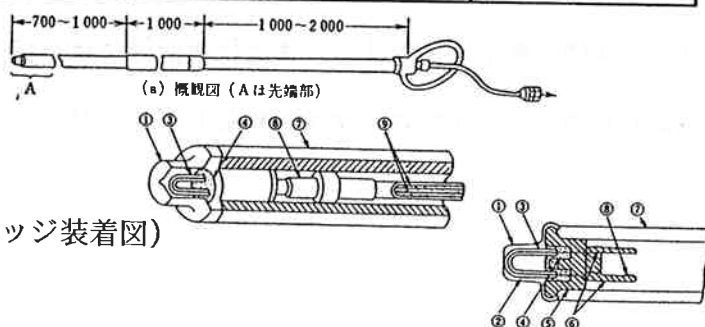
・測温体：ホルダー概観図

(Aは先端コネクター)

・先端部の詳細図

(ホルダーへのカートリッジ装着図)

・カートリッジ断面図



①薄金属製保護キャップ ②石英保護管 ③PR熱電対 ④耐火セメント ⑤耐火物
又はプラスチック製枠 ⑥補償導線 ⑦厚紙管 ⑧補償導線接続部(先端コネクター)

⑨補償導線

(出典：鋳鉄溶解ハンドブック 137頁)

1. 2-8. 1(2/3)

ハ) 測定

ホルダー先端部へカートリッジを装着して、溶湯に测温体のカートリッジを浸漬して計器に表示される、测温温度を読み取る。

ニ) 精度

コストはかかるが、高精度で信頼性が高い。精度：0～1600℃±4℃

※最近、簡便で、迅速に、正確に测温できるため、広く普及している。

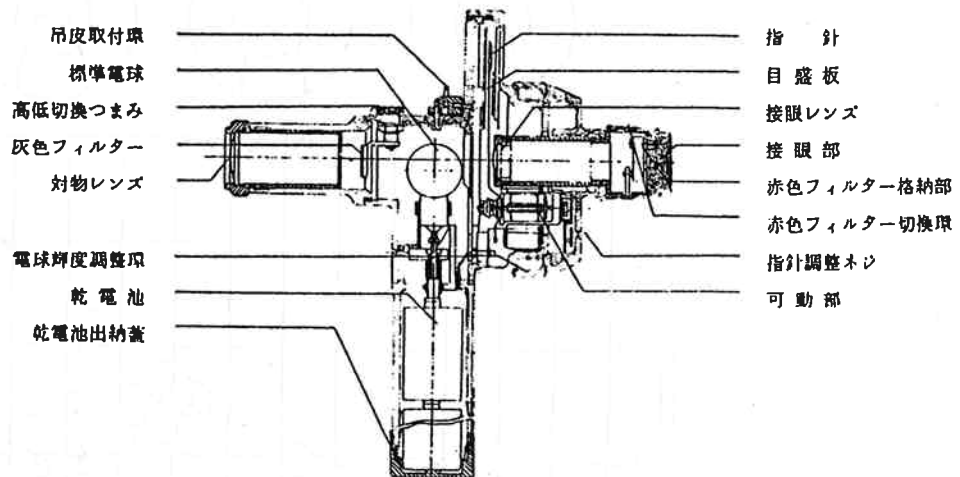
(2) 光高温計 (optical pyrometer)

イ) 原理

高温物体の温度と輝度との間には一定の関係が存在するから、二つの物体の輝度を比較し、一方の温度を既知のものとすれば他方を知ることができる。光高温計は、標準輝度を与えるものとして、電球のフィラメントを用い、高温物体に触れることなく温度を測定するものである。

ロ) 構造

望遠鏡の対物レンズの焦点面に電球のフィラメントを置き、接眼レンズから見られる輝物体の像とフィラメントが重なって見えるようになっている。構造図と仕様を下に示す。



(仕様) ・スケール巾：有効目盛 110 mm

・標準目盛：二重目盛

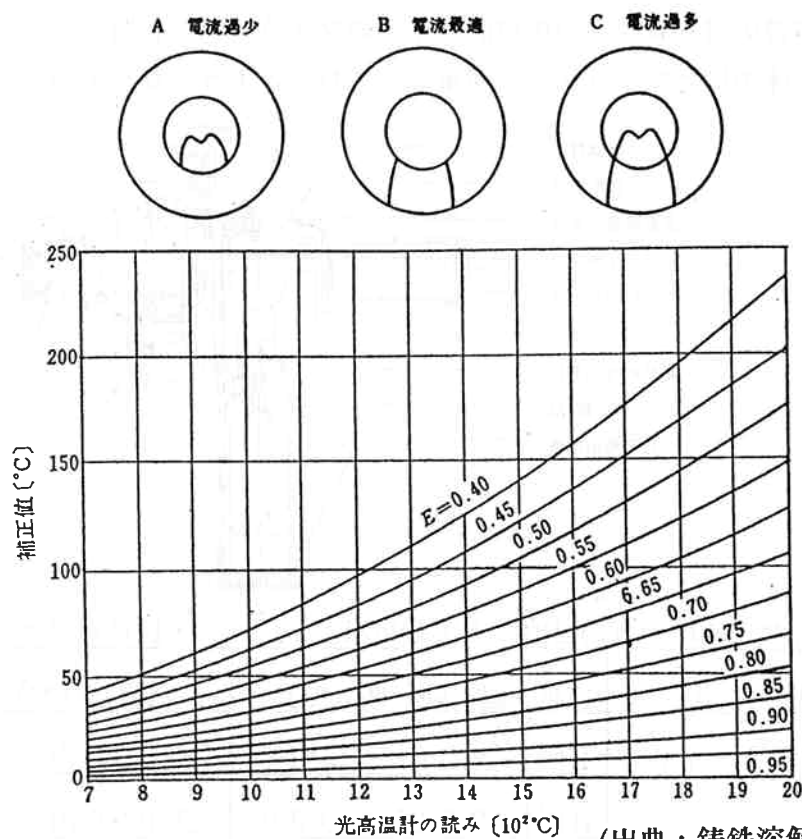
型 式	測 温 範 囲 (°C)		許容誤差 (°C)
Model 760	L側	700～1500	±10以内
	H側	1200～2000	±15以内
Model 760H	L側	700～1500	±10以内
	H側	1200～3000	±15以内

・重量：1.5 kg

ハ) 測定

接眼部から被測温体を覗き、被測温体の像が明瞭に見えるように対物レンズを調節して、標準電球のフィラメントの輝度が被測温体の輝度と合致し、両者の識別がつかなくなる位置まで摺動抵抗により電流を変え、その時の指針の指示値を読む。

指示値は、黒体の輝度温度を示しているのので、溶湯など黒体でないものは、輻射率(E)による補正を行う必要がある。鑄鉄裸溶湯の輻射率は0.40~0.45であり酸化膜で覆われているもので0.90~0.95程度である。輻射率は周囲の環境により若干変化するが、現場管理で取り扱う温度範囲では、裸湯面であれば一般に指示値+100℃の補正を施して大過ない。しかし、時々熱電温度計で確認して、補正する必要がある。測温時の状態及び輻射率による補正曲線を下に示す。



二) 精度

(出典：鑄鉄溶解ハンドブック 136頁)

熟練度を要し、測温環境にも影響されるので、信頼性に乏しい。

精度：700~1500℃±10℃

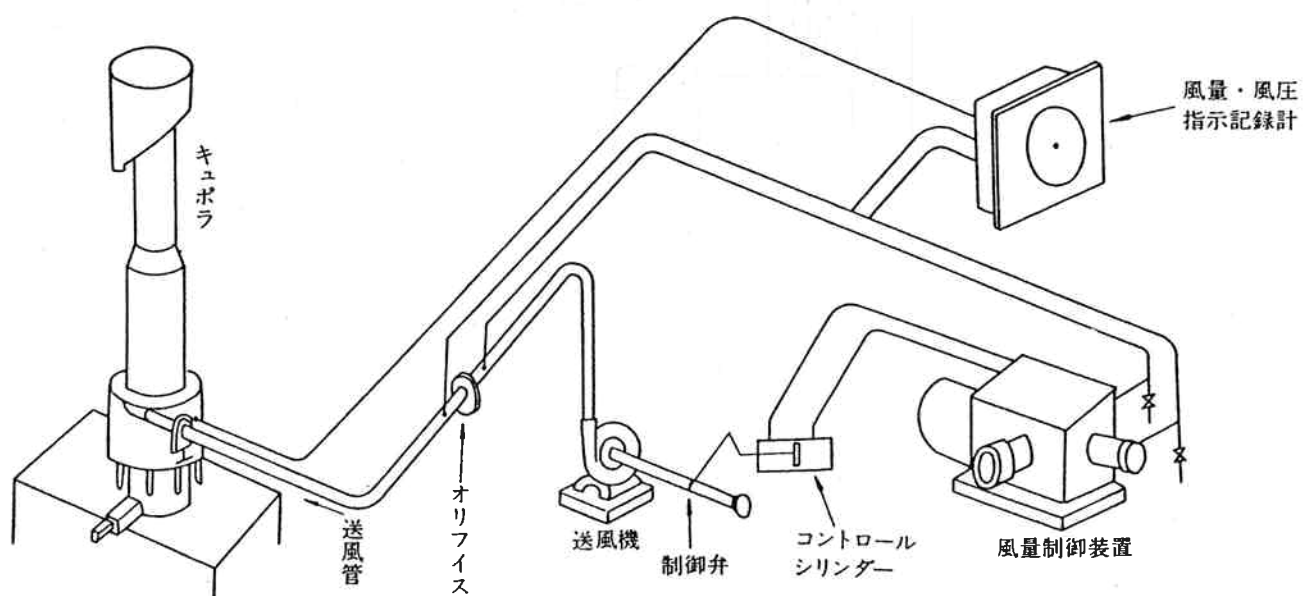
※最近は、熟練度と精度上より、あまり使用されていない。

溶解作業（キューボラ）	送風測定および	1.2-8.2
使用試験計測器の能力および精度	制御装置	1/4

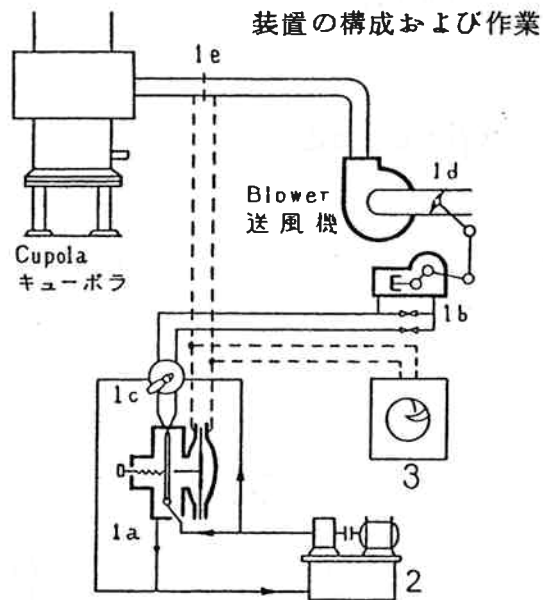
1. 適用範囲 鋳鉄鑄物の製造を目的としたキューボラへの送風に関して、送風量の測定とその制御装置および風圧測定装置について規定する。
2. 全体配置図
3. 風量測定および制御装置 } 参考資料を参照のこと

参 考 例

(1) 全体配置図



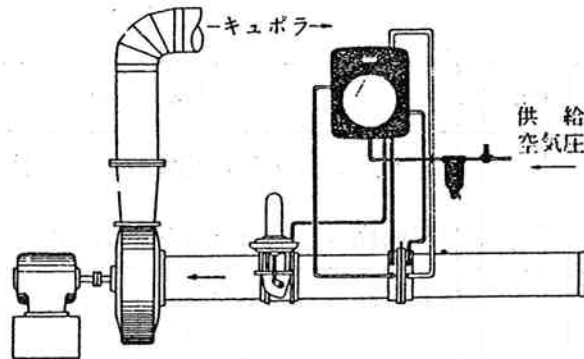
(2) 風量制御装置（油圧式）



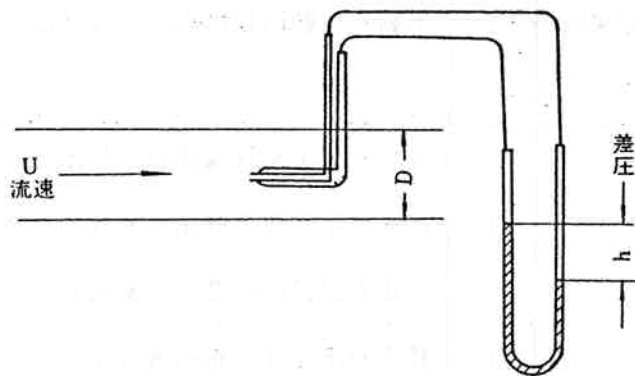
1.2-8.2(3/4)

番号	名 称	個数	摘 要
1 a	風量コント ローラ	1	右：ダイアフラム検出部 左：設定バネ部 設定範囲 20～50 m ³ /min
1 b	操作ピストン	1	70 φ クランク型 操作ピストンと蝶形弁操作レバの連結金具，操作ピストンを主動で動かすための短格弁及び操作速度を調節する調速弁を含む。
1 c	手動自動切換 コック	1	手動，自動の切換の外コックによる蝶形弁の開閉が可能。
1 b	蝶 形 弁	1	アスカニア型（操作レバ付）250 φ 風量制御用自由型 最大風圧 500 mm A q，風量 20～50 m ³ /min （40 m ³ /min 20℃常用）
1 e	オリフィス	1	最大差圧 144 mm A q コントローラ及計器に差圧信号を送る。
2	油ポンプ装置	1	C-10-1b型 10 ℓ/min，5～8 kg/cm ² ，0.4 kW A C モーター，油ポンプ，油圧計，調圧弁，油タンク付。 コントローラ 1 a 手動自動切換コック 1 c 装着。
3	風量記録計	1	D Q R 型指示記録計，電気式送り装置，記録紙 200 枚付 目盛範囲：0～50 m ³ /min，記録紙送り速度：1 回転 8 時間 電 源：100 V 50/60 Hz

(3) 風量制御装置（機械式）



(4) ピトー管による流量の計算



$$\text{流量 } Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot U$$

$$U = \sqrt{\frac{2gh}{\gamma}}$$

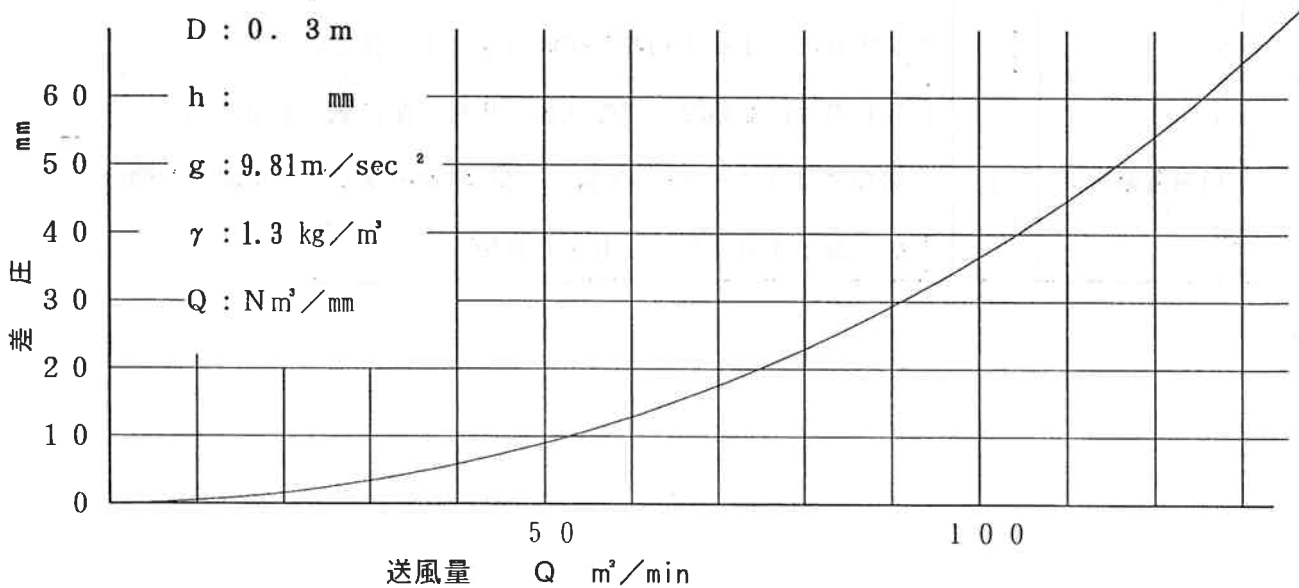
$$D : 0.3 \text{ m}$$

$$h : \text{ mm}$$

$$g : 9.81 \text{ m/sec}^2$$

$$\gamma : 1.3 \text{ kg/m}^3$$

$$Q : \text{Nm}^3/\text{min}$$



溶 解 作 業(キューボラ)	ガ ス 分 析 計	1. 2-8. 3
使用試験計測器の能力及び精度		1/1

1. 適用範囲 鉄鉄鋳物の製造を目的とする、キューボラ溶解時に発生する排ガスを分析して、大気汚染防止用の監視及び作業環境を改善するための、連続ガス分析計について規定する。

2. 測定成分、測定方法、測定範囲 } 参考資料を参照のこと。
サンプルガス条件 }

参考資料（分析機器カタログ）

（1）測定成分、測定方法、及び測定範囲〈参考例〉

測定成分	測 定 方 法	測 定 範 囲
NO _x	非分散形赤外線吸収法	0～500ppm, 0～2000ppm
SO ₂	//	0～10vol%
CO	//	0～50vol%
CO ₂	//	0～30vol%, 0～50vol%
O ₂	ジルコニア式検出法	0～5vol%, 0～25vol%
//	磁気圧力式検出法	//, //
H ₂	熱伝導率式検出法	0～10vol%

（2）サンプルガス条件〈参考例〉

イ) 温度：200℃以下, 400℃以下, 700℃以下, 1000℃以下, 1400℃以下

ロ) ダスト量：0.1g/Nm³以下, 0.5g/Nm³以下

ハ) ガス流量：0.5～1L/min, 1L/min±30%

（3）その他

イ) ガス分析計は、測定成分毎、単独の機器又は、複数成分（3～5成分）分析機器があるので、使用目的に応じて選定すること。

ロ) キューボラ操炉状況（配合、コークス比、風量、風圧、等）により、発生する排ガス組成濃度は、異なるので、事前に良く調査して、適した機器を選定すること。

ハ) 排ガス採取位置により、サンプルガス条件（温度、ダスト量、ガス流量、等）が異なるので、使用目的と設備状況を良く考慮して、サンプリングシステムを決めること。

溶解作業（キューポラ）	操 炉 責 任 者 の 具 備 条 件	1.2-8.4
使用試験計測器の能力および精度		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鑄物を製造する場合のキューポラ操炉責任者である職長、組長または班長に必要な具備条件について規定する。

2. 具備条件

- 2.1 操炉責任者は溶解に対する基礎知識を持たねばならない。
- 2.2 操炉責任者は経験年数5年以上を持つことがのぞましい。
- 2.3 操炉責任者は炉状況判定能力を持ち、燃烧状態を常に適正に保たなければならない。
- 2.4 操炉責任者溶解作業標準全搬について熟知しており、異常発生時にはすみやかに処理できる能力を持っていないなければならない。
- 2.5 操炉責任者は炉修作業に対しても、基礎知識を持ちその作業について熟知していなければならない。

溶 解 作 業 (キュボラ) 製造作業の注意事項	溶解作業上の注意事項	1. 2-9. 1 1/1
-------------------------------	------------	------------------

1. 適用範囲 鉄鉄鑄物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業上の注意事項について規定する。
2. 本体、前炉、取鍋の乾燥不良
 - 2.1 炉修後キュボラ炉壁の乾燥が不十分であると、操業初期に炉況が悪化し溶湯酸化の原因になるので、「キュボラ点火及び乾燥法」[1.2-7.4]に従って、キュボラ本体の乾燥を十分に行う。
 - 2.2 キュボラ炉底の乾燥が不十分であると、初湯の温度低下、出湯口のつまり、炉底よりの湯漏れの原因となるので、「キュボラ点火及び乾燥法」に従って乾燥を十分に行う。
 - 2.3 前炉、取鍋の乾燥は、溶湯の温度低下をきたさぬよう十分に行う。
3. 計量ミス
 - 3.1 計量ミスは、目標とする溶湯が得られなくなるので、ミスの無いよう良く注意して計量する。又、計量機の精度を定期的に点検して、基準の精度が維持されていることを確認する。
4. 炉前管理ミス
 - 4.1 溶解作業中の炉況は刻々と変動するので、炉況が大きく変化し注湯不良、鑄物不良になる前に、操炉の責任者は、目標とする溶湯が得られているかを、定期的な炉前管理により確認して、総合的な判断を下し、ミスの無いようにする。

溶 解 作 業 (キュボラ) 製造作業の注意事項	突発事故に対する処置方法	1. 2-9. 2 1/1
-------------------------------	--------------	------------------

1. 適用範囲 鋳鉄鋳物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業中に発生する突発事故に対する処置方法について規定する。

2. 停 電

2.1 停電により突然送風機の回転が停止した場合は、作業を中止して送風機の主開閉器を切り、送風管バルブを閉め、羽口覗き窓を開ける。

自家発電機が備わっている場合は、直ちに運転を開始し、これに切り替える。

2.2 短時間の停電の場合は、樋部の溶湯が冷めないよう、保温材で覆い保温する。

2.3 停電が長時間にわたり、樋部の溶湯が凝固し始めたら絞り口を開けて溶湯を流し出す。更に長時間の停電の場合は、羽口を密閉し、コークスの消耗を防ぐと共に、予備口から溶湯とスラグを抜き取り、出湯口が閉塞しないようにする。

注) 長時間停止後操業を再開する時には、追込コークスを1～2山追加する。

3. 湯漏れ

3.1 炉底より湯漏れを生じた時は、直ちに送風を停止し、絞り口、予備口から炉内の溶湯とスラグを速やかに抜き取り、湯漏れ個所に耐火モルタルを詰め込む。湯漏れが止まったならば周囲をよく水で冷却し、湯漏れ部分を耐火モルタルで厚盛りし操業を再開する。

4. 炉及び機器の故障

4.1 炉壁の赤熱等の突発事故が発生した場合は、操炉の責任者は冷静な判断のもとに、迅速に適切な処置を行い、事故の拡大を防ぐと共に溶解作業が正常に戻るよう努める。

4.2 計器、付属機械類は運転中、音、臭気、熱、煙、振動等に注意し、少しでも変調を認めた時は直ちに運転を中止し、担当部署に連絡し、修理又は調整を行う。修理中、故障中の計器類には、その事を計器盤上に表示しておく。

溶 解 作 業（ キュボラ ） 製造作業の注意事項	安全上の注意事項	1. 2-9. 3
		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業中の安全に関する注意事項について規定する。

2. 爆 発

2.1 送風停止中羽口からCOガスが風箱中に逆流し、突然爆発して送風機を破壊したり、送風機のモーターを焼損することがある。この対策として、

2.1.1 送風開始前又は途中で送風を停止する場合は、必ず羽口覗き窓を開けておく。

2.1.2 送風停止中は、送風管バルブは必ず閉めておく。

2.1.2 送風再開は先ず送風を開始して、次に送風管バルブを開けてから羽口覗き窓を閉める。

2.2 底落としをする時は、湿った土間に溶解残留物が落下すると水蒸気爆発を起こす危険があるので、事前に乾いた砂を盛り上げておく。

3. 落下防止

3.1 キュボラ材料装入装置は、安全装置の完備したものとする。

3.2 天井走行クレーンによりバケットを巻き上げ材料装入する場合は、バケットの作動する範囲内は金網で囲い、人の通行を禁止する安全標識を設置する。またクレーンフックよりバケットが外れないようにクレーンフックに外れ止め防止装置を付ける。

3.3 リフティングマグネットを使用して材料を運搬する場合は、電流を切った後も残留磁気により付着している材料が落下する危険がある。また停電時には吸引した材料が落ちるので、リフティングマグネットは作業者の頭上は勿論のこと、機械の上も通行しないレイアウトにする。

4. 溶湯取扱い

4.1 溶湯取扱いは、必ずヘルメット、しゃ光メガネ及び手足を守る保護具を着装する。

4.2 溶湯は、取鍋規定容量以上入れてはならない。

4.3 取鍋を運搬する通路は整理、整頓をしておく。

4.4 溶湯中に冷えた鉄棒又は、鉄パイプ棒を入れると、溶湯が飛散するので、事前に予熱してから入れる。

溶 解 作 業 (キュボラ)	出湯温度の低下	1. 2-9. 4
製造作業の注意事項		1/1

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業中に出湯温度が低下した場合にとるべき処置方法について規定する。

2. 出湯温度の低下

キュボラ溶解作業中に、出湯温度が標準よりも低下し始めた場合、
下表により異常を調査し処置をとる。

表9.4-1 異常調査と処置方法

異 常 調 査 項 目	処 置 方 法
1. 溶 解 速 度	1) 溶解速度が速く、炉頂ガスの炎が少なくなる傾向にあるときは、一時風量を5～10%減らし装入コークス量を増やす。
2. 送 風 量	2) 溶解速度が基準よりも遅いときは、徐々に送風量を増加する。
3. 送 風 圧	1) 送風圧、炉頂ガス中の炭酸ガス量に異常があるときは、装入
4. 炉頂ガス中の炭酸ガス%	コークスの粒度を調査し、規定の粒度を保つようにする。
5. 装入地金、コークスの計量	1) 装入材料が指示どおりに選別計量されているか、または計量機が狂っていないか確認する。
6. 装入物のレベル	1) 装入物のレベルが下がりすぎると地金の予熱が不十分となるので、レベルが保たれているか確認する。
7. チル試験、湯面模様スラグの色、流動性	1) 左記の項目に異常があれば、コークス比、送風量、溶解速度を検討する。

溶解作業（キューボラ） 製造作業の注意事項	羽口の閉塞	1. 2-9. 5 1/1
--------------------------	-------	------------------

1. 適用範囲 銑鉄鑄物の製造を目的とする、キューボラ溶解作業中に羽口の閉塞が発生した場合にとるべき処置方法について規定する。
2. 羽口の閉塞 キューボラ溶解作業中に、羽口の閉塞が認められたならば、下表により異常を調査し処置をとる。

表9.5-1 異常調査と処置方法

異常調査項目	処置方法
1. 羽口にスラグがからみ易くなる。 2. 羽口が閉塞し、黒くなる。	1) 棒でよく突落し、羽口を清掃する。 2) 真黒になった羽口はバルブ操作、または粘土で一時的に密閉する。 3) コークス比、送風量が適切であるかどうか検討し、出湯温度を上げる。 4) 石灰石の量を増加する。

溶 解 作 業 (キュボラ) 製造作業の注意事項	棚 吊 り	1. 2-9. 6 1/1
-------------------------------	-------	------------------

1. 適用範囲 銑鉄鋳物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業中に棚吊りが発生した場合にとるべき処置方法について規定する。
2. 棚吊り キュボラ溶解作業中に、棚吊りが認められたならば、下表により異常を調査し処置をとる。

表9.6-1 異常調査と処置方法

異 常 調 査 項 目	処 置 方 法
1. 装入間隔の異常 2. 火炎の上昇 3. 送風圧の低下	1) 装入口から棒で突き落とす。 2) 良く状況を判断して、銑鉄形状のような、細かく、重く、引っ掛かりのない材料のみを計量し、2～3回装入する。 3) 一時的に風を過剰に送り、自然に落ちるのを待つ。 4) 装入材料の長すぎるもの、薄すぎるものは除き規定の寸法のものを使用する。 5) 炉裏張りの形状を上向きに広げたり、段をつけたりしない。 6) 炉修に注意し凹凸のないようにする。

溶 解 作 業 (キュボラ)	出湯口からの噴出	1. 2-9. 7
製造作業の注意事項		1/1

1. 適用範囲 鋳鉄鑄物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業中に前方連続出湯出滓樋の出湯口から送風が噴出し始めた場合にとるべき処置方法について規定する。

2. 出湯口からの噴出

- 2.1 出湯口が拡大して、少し吹き始めたときには、樋の部分にレンガ等の障害物を置いて湯圧を高める。又は、基準の送風量より少なくする。
- 2.2 出湯口が極度に大きくなり、2.1の処置をとってもなお噴出が止まらない場合には、樋の上部をレンガ、モルタルで覆い、装入物レベルを下げて作業を続ける。
- 2.3 出湯口の噴出が極端に大きくなった場合は、送風を停止して、出湯口をパッチング材等で、補修する。
- 2.4 出湯口には良質のレンガ、黒鉛レンガを使用して目地はできるだけ薄くする。
- 2.5 築炉に際しては出湯口上端より樋までの高さを正確に維持する。

「キュボラ補修法」[1.2-7.3(3/4)]の参考例を参照のこと。

溶 解 作 業 (キュボラ) 製造作業の注意事項	出 湯 口 の つ ま り	1. 2-9. 8 1/1
-------------------------------	---------------	------------------

1. 適用範囲 鉄鉄鋳物の製造を目的とする、キュボラ溶解作業中に出湯口がつまった場合にとるべき処置方法について規定する。

2. 出湯口のつまり

2.1 キュボラ溶解作業中、主として初湯を出湯する際に出湯口内に溶湯が凝固し、出湯が不能となった場合に次の処置をとる。

2.1.1 直ちに送風を停止する。

2.1.2 太い丈夫なノミとハンマーで叩いて開ける。

2.1.3 上記の操作で開かない時は無理をせず、酸素ガスまたは電弧を利用して開ける。

I) 酸素の場合

鉄パイプ（内径6mmφ）又は、酸素ランス棒の先端を赤熱し、酸素ポンベより酸素を送り（圧力1Kg/cm²以上）溶かす。

II) 電弧の場合

スラグをよく取除き、炉体にアースをとり、6mmφ程度の軟鋼棒を使用してアークで溶かす。

2.1.4 出湯可能になったら、送風を再開する。

2.2 築炉時は、「キュボラ補修法」[1.2-7.3(2/4・3/4)]に従って、出湯口の形状、パッチング材、補修方法に注意し、操業前には、乾燥、予熱を十分に行う。

溶解作業(キューボラ)	公害防止と作業環境	1. 2-10. 1
作業環境		1/4

1. 適用範囲 鉄鉄鋳物の製造を目的とする、キューボラ溶解の作業環境を改善し、大気汚染防止及び作業能率を向上させるための、集じん装置について規定する。

2. 発生ばいじん量、濃度

集じん機性能、バグフィルタ

集じん装置フローチャート

大気汚染防止法、等

参考資料を参照のこと。

参考資料（鋳鉄溶解ハンドブック、鋳物便覧）

(1) 発生ばいじん量及び濃度、参考例

キューボラ形式	ばいじん濃度(g/Nm ³)	ばいじん量(kg/t)	備考
冷風キューボラ	6.0~11.0	5.0~10.0	1.8~ 8 t/h 7 t/h
	6.9~17.3	5.6~13.2	
	1.3~ 6.0	—	
熱風キューボラ	6.0~14.0	8.0~12.0	2.7~14 t/h
	4.0~22.0	3.0~17.0	

(出典：鋳鉄溶解ハンドブック 405頁)

(2) キューボラ用集じん機の性能

区分	形式	分離限界 粒子径(μm)	圧力損失 (mmAq)	集じん 効率(%)	ガス 吸収	処理可能 温度(℃)
湿式集じん機	ジェットスクラバー (低圧損)	0.5~1.0	70~ 150	80~90	可能	600以下
	ベンチュリスクラバー(高圧損)	0.1~0.4	300~2000	80~95	//	600以下
乾式集じん機	バグフィルタ	0.1以下	100~ 200	90~99	不可	150~250
	電気集じん機	0.1以下	20~ 60	80~99.9	//	150~450

※現在では、ほとんどのキューボラ集じん機は、乾式集じん機のバグフィルタ形式である。

(出典：鋳鉄溶解ハンドブック 408頁)

(3) バグフィルタ形式の払落し方式と特徴

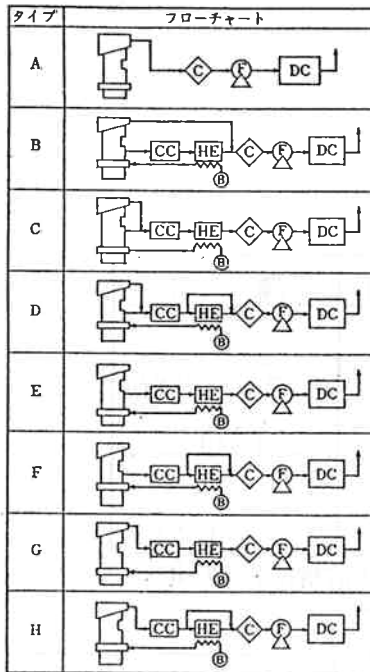
払落し方式	ろ布	ろ過面	ろ過速度(m/min)	特 徴
機械振動	円筒織布	内面	0.5~2.0	小風量から、大風量まで、また高温ヒュームに適する
逆洗流	円筒織布	内面	0.3~1.5	ガラスろ布を使用する時、多く使われる
ハルスジェット	円筒フェルト	外面	1.0~4.0	圧力変動が少なく、高含じん濃度に適する

(出典：鋳物便覧 422頁)

(4) 集じん装置のフローチャート例と特徴及び実施例

タイプAのみ冷風キューボラ用、タイプB～Hは熱風キューボラ用

集じん装置フローチャートの特徴



CC: 燃焼室, HE: 熱交換機, C: 冷却器
F: 送風機, DC: 集じん機, B: プロアー
集じん装置フローチャート例

(出典: 鑄鉄溶解ハンドブック 411頁)

タイプ	集じん効果	排ガス中のCO	燃焼室・熱交換機の改造	構造	保守	実施例
A	良好	燃焼により除去可能	不要	簡単	容易	多
B	良好	ほとんどない	不要	複雑	やや難	多
C	良好	ない	燃焼室・熱交換機とも改造	複雑	やや難	少
D	良好	ない	燃焼室のみ改造	複雑	やや難	少
E	操業状況により炉頂より発塵	ほとんどない	燃焼室・熱交換機とも改造	簡単	容易	多
F	操業状況により炉頂より発塵	ほとんどない	燃焼室のみ改造	簡単	容易	多
G	良好	ない	燃焼室・熱交換機とも改造	複雑	困難	少
H	良好	ない	燃焼室のみ改造	複雑	困難	少

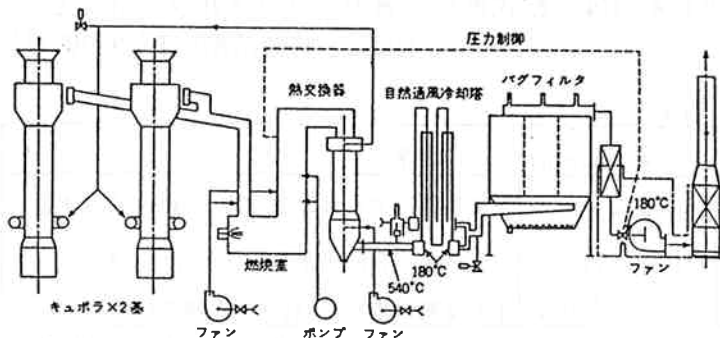
(出典: 鑄鉄溶解ハンドブック 412頁)

キューボラ集じん装置実施例

項目	バグフィルタ					ベンチュリースクラバー			電気集じん機	
キューボラ形式	冷風	冷風	熱風	熱風	熱風	冷風	冷風	熱風	冷風	熱風
溶解速度 [t/h]	6	10	6	8	30	4.5	8	8	3	5
排风量 [Nm ³ /min]	180	300	100	572	800	352	132	300	155	200
処理风量 [Nm ³ /min]	520	300	280	400	1130	500	600	500	180	250
排ガス冷却	水冷	間接水冷	間接水冷	間接水冷	間接水冷	スプレー	スプレー	スプレー	スプレー	間接空冷
圧力損失 [mmAq]	100	250	200	100	150	800	1720	160	60	40
炉材材質	テトロン	ガラス	テトロン	ガラス	ガラス	—	—	—	—	—
ダスト払い	振動	逆洗流	振動	逆洗流	逆洗流	—	—	—	水洗	ハンマリング
循環水量 [t/h]	—	—	—	—	—	54	175	25	—	—
使用主材質	—	—	—	—	—	SUS 316	SUS 304	ステンレス	—	—
チャート型式	A	A	E	H	B	A	A	H	A	E

(出典: 鑄鉄溶解ハンドブック 412頁)

(5) 熱風水冷キューボラの集じんフローチャート例



(出典: 鑄物便覧 424頁)

(6) 某鑄物工場のキューボラ集じん例

キューボラ内径	1350mm
粉じんの粒度	0.1~0.5 μ m
吸引风量	500m ³ /min
入口ガス温度	130°C
入口含じん濃度	1.5~10g/m ³
集じん装置	バグフィルタ
集じん効率	99.6%
集じん容量	42kg/時間

1. 2-10. 1(3/4)

(6) 大気汚染防止法について (抜粋)

イ) キュボラは、下表に該当する場合、ばい煙発生施設の対象となる。

ばい煙とは、・ 燃焼に伴い発生するいおう酸化物 (SO_x) ・ 物の燃焼に伴い発生する鉛及びその化合物などのほか窒素酸化物 (NO_x) を言う。

(大気汚染防止法と大阪府条例の対象設備)

施設名	大気汚染防止法	大阪府条例〈参考例〉
金属溶解炉	・羽口面断面積 0.5m^2 以上 ・燃焼能力が重油換算 $50\text{L}/\text{Hr}$ 以上 ・変圧器の定格容量 200KVA 以上	・羽口面断面積 0.5m^2 未満 ・燃焼能力が重油換算 $30\text{L}/\text{Hr}$ 以上 $50\text{L}/\text{Hr}$ 未満 ・変圧器の定格容量 100KVA 以上 200KVA 未満

ロ) いおう酸化物など政令で定めるばい煙を排出する工場は、都道府県知事が、指定地域にあり、一定規模以上の工場又は事業場(特定工場)は、総量規制基準が適用される。

大阪市の場合 { いおう酸化物 (SO_x) K値規制: 1.17
窒素酸化物 (NO_x) N値: 140PPM (O_2 : 0%換算)

ハ) ばいじんの排出基準

排ガス量 (Nm^3/Hr)	排出基準 (g/Nm^3)	大阪市の場合〈参考例〉 (g/Nm^3)
40,000以上	0.10	0.05
40,000未満	0.20	0.10

ニ) ばい煙排出者は、ばい煙量、ばい煙の濃度を測定して記録しておかなければならない。

(窒素酸化物・いおう酸化物の濃度、排ガスの量)

※ 同法以外に都道府県(市町村)により上乘せ基準を適用する場合があるので当該条例も良く参照すること。

(7) 騒音規制法及び振動規制法について (抜粋)

イ) キュボラに付帯する送風機、集じん装置に付帯する送風機は、下表に該当して、指定地域内にある工場又は事業場(特定工場)は、規制の対象となる。

施設名	騒音規制法	大阪府条例〈参考例〉
送風機	定格出力 7.5KW 以上	定格出力 3.7KW 以上

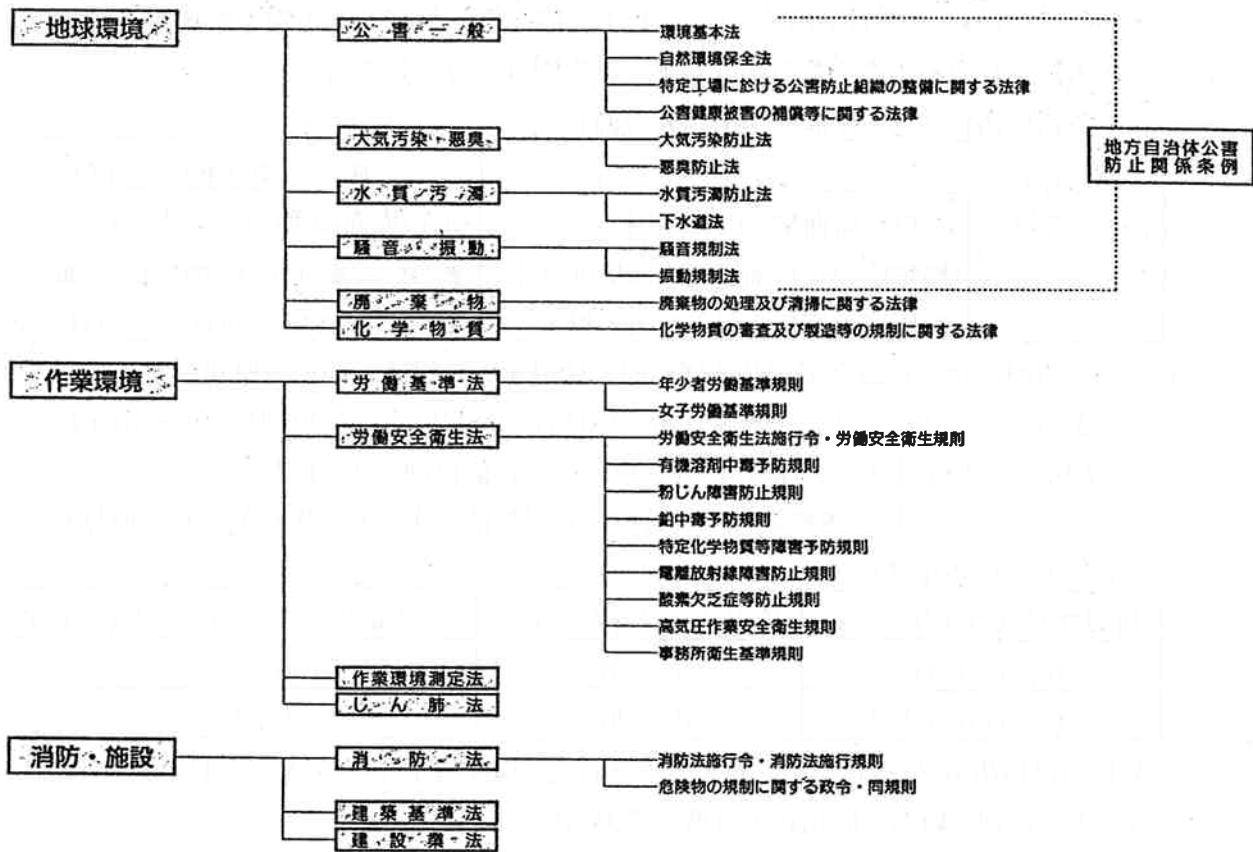
ロ) 騒音、振動の規制基準

特定工場において発生する騒音、振動の規制に関する基準を良く参照すること。

※ 同法以外に都道府県(市町村)により上乘せ基準を適用する場合があるので当該条例も良く参照すること。

(8) 集じん装置に湿式集じん機を敷設する場合は、水質汚濁防止法、下水道法が適用される。

(8) 関係法令一覧表



溶 解 作 業(キューボラ)	管理項目と管理方法	1.2-11.1
管理項目と管理方法		1/1

1. 適用範囲 鋳鉄鋳物の製造を目的とする、キューボラを操業するに当たって、管理すべき項目と管理方法について規定する。

2. 管理項目と管理方法

キューボラ溶解の管理項目及び管理方法

工程	管 理 項 目		管 理 方 法			
	条件品質特性		担当	サンプリング	測定法	記 録
炉修	炉径:D		A	—	(1) ゲージ	溶解記録に記入
	出湯樋 xの値		A	—		
操業	風 量		B	基準による	計器	計器で自動記録
	風 圧		B			
	熱風温度		B			
	溶解速度		B	基準による 15~30分毎	時計	溶解記録に記入
	出湯温度		B		消耗型 浸漬温度計	
	チル深さ		B	出湯毎	計器	(2) X-R 管理図
	化学成分		C	材質毎	分析機器	
	機械的性質		C	同上	材料試験機	
	組織		C	同上	金属 顕微鏡	
						溶解記録に記入

注1) A: 炉修者、B: キューボラ操炉者、C: 分析者

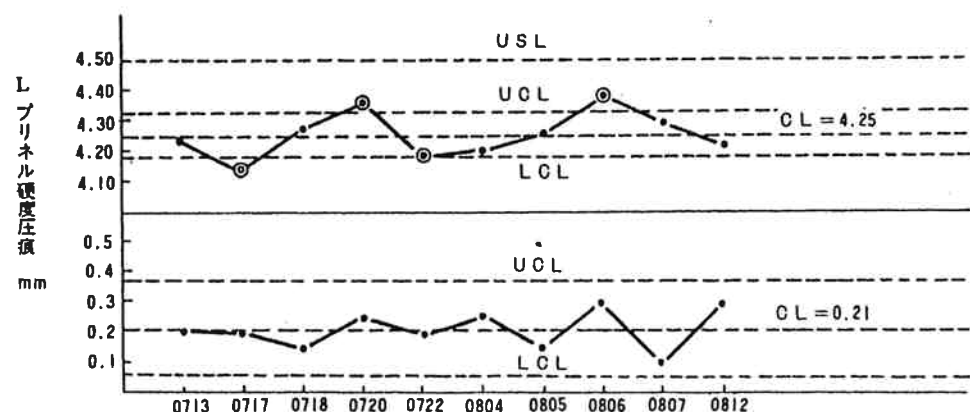
注2) (1) は、「キューボラ補修法」[1.2-7.3(3/4)]の参考例を参照のこと。

注3) (2) は、下記、参考例を参照のこと。

3. 参考例

X-R管理図

n=10



検定 改善前後の平均値の差は危険率5%で有意であ

溶 解 作 業 (キュボラ) 使用設備の日常点検	計 量 機	1. 2-12. 1
		1/1

1. 適用範囲

1.1 銑鉄鋳物の製造に使用する、計量機の日常点検について規定する。

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点検項目	点 検 個 所	点 検 要 領	点 検 周 期			
			1/日	1/週	1/月	1/半年
計量機	据付け	水平を確認する	○			
	台 座	ガタは無い		○		
	計量部	正しい値を示すか	○			
		増加分銅の摩滅は無い		○		
	分解掃除	標準分銅により指示値の精度を確認する			○	
		掃除 標準分銅による調節			○	△

3. 異常の場合の処置

3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。

3.2 計量機は毎回使用が済んだら掃除をし、点検を行うことが望ましい。

溶 解 作 業 (キュボラ) 使用設備の日常点検	送風機及び送風管	1. 2-12. 2
		1/1

1. 適用範囲

1.1 鋳鉄鑄物の製造を目的とする、キュボラの送風機及び送風管の日常点検について規定する。

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点検項目	点 検 個 所	点 検 要 領	点 検 周 期			
			1/日	1/週	1/月	1/半年
送風機	スイッチ	作動は正常か	○			
	電動機	給油			○	
		異常音は無いか	○			
		熱を持って無いか	○			
送風管	外 観	異常振動は無いか			○	
		風漏れは無いか		○		

3. 異常の場合の処置

3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。

溶 解 作 業 (キュボラ) 使用設備の日常点検	風量制御及び記録装置	1. 2-12. 3
		1/1

1. 適用範囲

1.1 銑鉄鑄物の製造を目的とする、キュボラの風量制御及び記録装置の日常点検について規定する。

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点検項目	点 検 個 所	点 検 要 領	点 検 周 期			
			1/日	1/週	1/月	1/半年
風圧計	指示計	作動は正常か	○			
		指示値の校正				△
風量計	指示計	作動は正常か	○			
		指示値の校正				△
風量制御 装 置	電動機・ポンプ	給油			○	
		異常音は無いか	○			
		熱を持って無いか	○			
	油圧シリンダー	油量は適量で有るか			○	
		油圧は上がっているか		○		
		油交換				○

3. 異常の場合の処置

3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。

溶 解 作 業 (キ ュ ポ ラ) 使用設備の日常点検	炉頂ガス分析装置	1. 2-12. 4
		1/1

1. 適用範囲

1.1 鉄鉄鋳物の製造を目的とする、キュボラの炉頂ガス分析装置の日常点検について規定する。(比重型ガス分析装置の場合)

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点検項目	点 検 個 所	点 検 要 領	点 検 周 期			
			1/日	1/週	1/月	1/半年
比重型 ガス分析 装 置	指示計又は記録計	作動は正常か	○			
		インクは充分に有るか	○			
		記録紙は充分に有るか	○			
		目盛りは正しいか	○			
		指示値の校正				△
		羽根車、軸受の清掃			△	
	導 管	取出口の目詰まりは無い	○			
		二次フィルターは正常か		○		
		一次フィルターが目詰まりは無い			○	
		湿潤器の水面は低くないか		○		
		// の水交換			○	
		ドレーン受に水は充分有るか		○		

3. 異常の場合の処置

3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。

溶 解 作 業 (キュボラ) 使用設備の日常点検	溶湯温度測定装置	1. 2-12. 5
		1/1

1. 適用範囲

1.1 鉄鉄鋳物の製造に使用する、溶湯温度測定装置について規定する。(消耗型浸漬熱電温度計、浸漬型熱電温度計、光高温計の場合)

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点 検 項 目		点検箇所	点 検 要 領	点 検 周 期			
				1/日	1/週	1/月	1/半年
消耗型 浸漬熱電 温度計	测温部	接 続	カートリッジは正しく装着され 指示値に異常は無い カートリッジとの接点(先端コネクター)に異常は無い	○(毎回)			
		補償導線	短絡、断線は無い	○			
	計器部	指示計	常温の指示値は正しい 指示値の校正	○			△
浸漬型 熱電 温度計	测温部	保護管 熱電対	破損、亀裂は無い 先端の接着は完全 保護管に完全に挿入されている 劣化していない	○(毎回) ○(毎回) ○(毎回) △			
		補償導線	短絡、断線は無い	○			
	計器部	指示計又は 記録計	常温の指示値は正しい 作動は正常 零点の指示は正しい インクは充分に有る 記録紙は充分に有る 指示値の校正	○ ○ ○ ○ ○			△
光高温計		電 池	規定の電圧が有るか	○			
		光学系 校 正	ちりやほこりが付着していない 指示値の校正	○			△

3. 異常の場合の処置

3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。独断で修理してはいけない。

3.2 温度測定装置は精密機械であるので、取扱いには十分注意し、振動等を与えず湿度の低い場所に保管する。

溶 解 作 業 (キ ュ ボ ラ) 使用設備の日常点検	前 炉	1. 2-12. 6
		1/1

1. 適用範囲

- 1.1 鋳鉄鑄物の製造に使用する、キューボラ前炉の日常点検について規定する。
- 1.2 前炉とは回転式前炉を差し、電動式、又は手動式で、予熱バーナも前炉に含むとする。

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点検項目	点 検 個 所	点 検 要 領	点 検 周 期			
			1/日	1/週	1/月	1/半年
前炉本体	ライニング	侵食は激しくないか	○			
		乾燥は十分か	○			
回転部	手動式	作動は正常か	○			
		緩みは無い	○			
	電動式	リミットスイッチは正常か	○			
		手動との切換は良いか	○			
	ベアリング等	分解掃除、摩耗の有無			○	
バーナ	ノズル、ホース	空気漏れ、油漏れは無い	○			
		作動は正常か	○			

3. 異常の場合の処置

- 3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。

溶 解 作 業 (キュポラ) 使用設備の日常点検	接 種 装 置	1. 2-12. 7
		1/1

1. 適用範囲

1.1 銑鉄鋳物の製造に使用する、接種装置の日常点検について規定する。(電磁振動式の場合)

2. 点検箇所及び点検要領

2.1 ○印は作業者が点検、△印は点検係または責任者が行う。

点検項目	点 検 個 所	点 検 要 領	点 検 周 期			
			1/日	1/週	1/月	1/半年
接種装置	ホッパー内	接種剤は、適量で有るか	○			
	配 管	途中に詰まりは無いか	○			
	電磁振動	振動状況は良いか	○			
	切出し精度	設定重量の±10%以内か		○		

3. 異常の場合の処置

3.1 点検にて異常を認めた場合は担当責任者に報告し、指示を受ける。

平成10年度 ものづくり人材支援基盤整備事業
—技能の客観化、マニュアル化等—
「 鋳鉄鋳物生産技術標準マニュアル 溶解作業（
キューボラ） 」

発行 中小企業事業団 情報・技術部 技術支援課
〒105-8453
東京都港区虎ノ門 3-5-1 虎ノ門 3 7 森ビル
Tel 03-5470-1589 FAX 03-5470-1526
無断転載を禁ずる

Copyright © 1999 中小企業事業団.All right reserved.

※このマニュアルは、社団法人 強靱鋳鉄協会 の協力を得て中小企業事業団が作成いたしました。

※中小企業事業団は、平成 11 年 7 月 1 日付けで、繊維産業構造改善事業協会からの業務移管を行うとともに、中小企業信用保険公庫と統合し、中小企業総合事業団となります。