



株式会社

ナカヤマ

NEW CEメーター
鑄鉄溶湯性状判定装置

TEC-21

テック

薄肉鑄鉄 / 複雑形状 / 硬質除去 / 高機能化等にご利用下さい。

TEC-21 溶湯性状判定機能

新しい判定機能

- 1 球状化率(SG%)判定
- 2 チル深さ
- 3 ASTM 片状黒鉛サイズ
- 4 接種剤の選定
- 5 引け

チルカップ
(テルル無)



注湯後 3~4 分で、1~5 までの溶湯性状判定

① CEをよむ (初晶温度 L)

どの金属にも凝固する場合には必ず凝固点又は凝固開始点があり、鑄鉄においては化学組成によってその開始点が異なります。つまり凝固開始点(初晶又は初晶温度)を知る事によりCEが判ります。このCEについては、 $C+1/3Si$ 、 $C+1/3Si+1/3P$ 、 $C+1/4Si+1/2P$ 、 $C+0.3Si+0.3P$ などがあり、その解釈は一定のものではありませんが、各工場で操業条件が若干、異なるようにその条件に適合する管理図を書いてみる事が必要です。そうすればCEメーターのカatalogに書いてある表をそのまま用いられる工場と、少し修正をする必要がある工場と出てきます。

一般的にはそれほど大きく修正する必要はありません。

② 共晶点をよむ (共晶凝固温度 E)

鑄鉄には凝固開始点があると共に凝固終了点(共晶点又は共晶凝固温度)があります。溶湯の主要合金元素C、Siのうち共晶点の変化にSiが大きく影響し、Si量が多くなれば共晶点は高くなります。つまり共晶点の高低によりSi量の多少を判断できるわけです。

その外にも共晶点はいろいろな利用価値(チル深さひけ巢等)がありますから初晶温度と共に冷却曲線の二大重要要素という事が言えます。

③ 凝固温度範囲をよむ (LE)

初晶から共晶までの温度差を凝固温度範囲(LE)とよんでいます。この凝固温度範囲から溶湯のC%が判り、製品の抗張力や硬度等の機械的性質も測定できます。

④ 過冷却をよむ (UC)

冷却曲線の初晶から共晶までの間に大なり小なりの過冷却の減少が出てきます。溶湯の冷却速度と結晶の成長速度とのバランスが崩れた時に過冷却を生じるのですが、過冷却の度合(過冷却度UC)とチルの度合とは密接な相関性があります。

一般に過冷却の大きいもの程チルの度合も大きく、同時に偏析も大きいものです。又、黒鉛は過冷却度の2乗で成長すると云う即ち過冷却が小さいと、黒鉛の成長速度が遅いから厚い黒鉛層が大きな間隔で発生すると言われています。

過冷却が大きいと樹枝状オーステナイトの一次析出が起こり易くデンドライト間の隙間の共晶セル形成が制限されてしまう。

⑤ 凝固区間の時間をよむ (lとeの時間比)

初晶から、過冷却、共晶へと移行する時間を調べる事により鑄鉄の性質を推定することができます。初晶から過冷却までの時間(液相線凝固時間l)と過冷却から共晶までの時間(共晶凝固時間e)の二つをとってみますと前者が短くて後者が長いものと、これと反対に前者が長くて後者が短いものとはその溶湯の性質には大きな差があります(合計時間が同じ場合)。

一般に初晶から共晶に達するまでの時間のうち、液相線凝固時間が短く、共晶線凝固時間が長い方が良い溶湯と言えます。

…黒鉛核の成長が良い

⑥ 共晶点より凝固終了点までの時間をよむ (接種効果)(EG)

共晶点が現れてから凝固終了点(EG区間)までの時間が長いものの方が、より接種効果があります。

…黒鉛形状、共晶セル数、黒鉛分布

⑦ 溶湯中の溶融不純物が冷却曲線へ及ぼす影響

亜共晶鑄鉄の凝固温度に及ぼす合金成分1%の影響(3回のテスト平均値)

合金成分	液相線初晶温度の変化 °F	最高共晶温度の変化 °F
Cr クロム	-5	-10
Mo モリブデン	-2	-18
Ni	-3	+6
Cu	-5	+5
Mn	-5	-15

⑧ 同じCE値の場合のキューポラ溶湯と電気炉溶湯の違い

キューポラ及び電気炉の溶湯性状の違い

- ①キューポラ溶湯の方が過冷却は少ない
- ②キューポラ溶湯の方がlが短く、eの方は長い
- ③キューポラ溶湯の方が接種剤効果は大きい(Si%含有量)
- ④チル効果及び引け効果も、キューポラ溶湯の方が良い

① 球状化率 (SG%) 判定

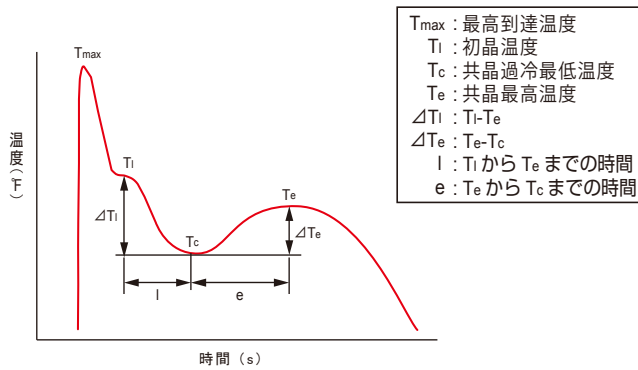
機能

炉前にて溶湯をサンプリングすれば、熱分析データの収集から演算処理、黒鉛球状化率の測定までをマイコン利用により、無人で全自動測定する。

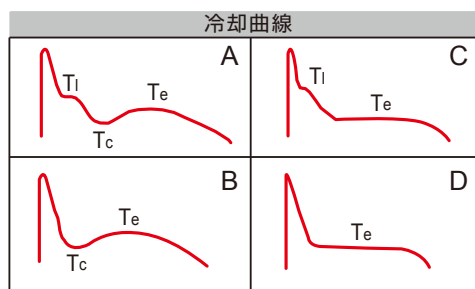
開発のねらい

1. 溶湯処理後3min以内に黒鉛球状化率を測定する。
2. 黒鉛球状化率の測定は、機器化、自動化により極力人手と人的誤差を排除する。

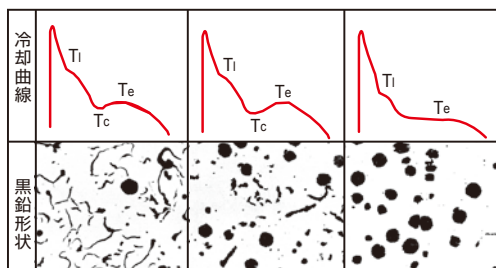
① 冷却曲線の模式図と特性値



② 冷却曲線のタイプ



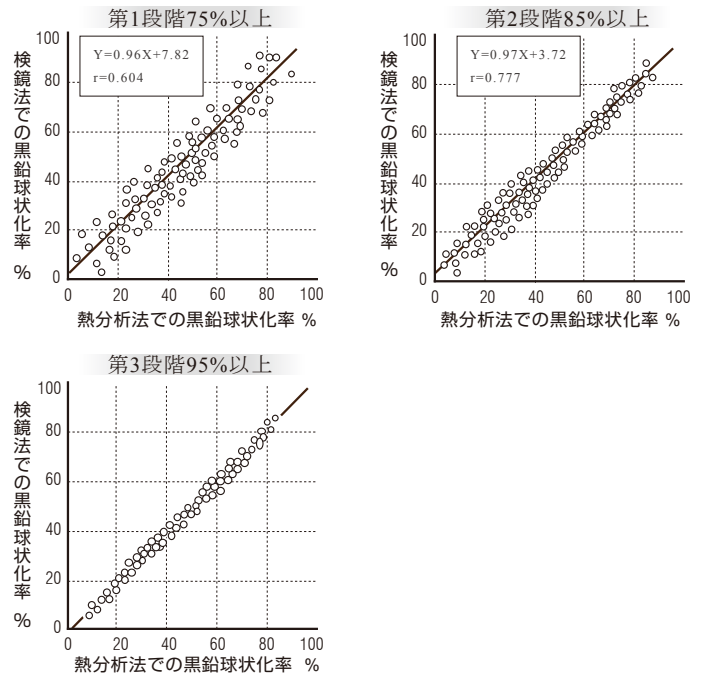
③ 冷却曲線と黒鉛形状との関係



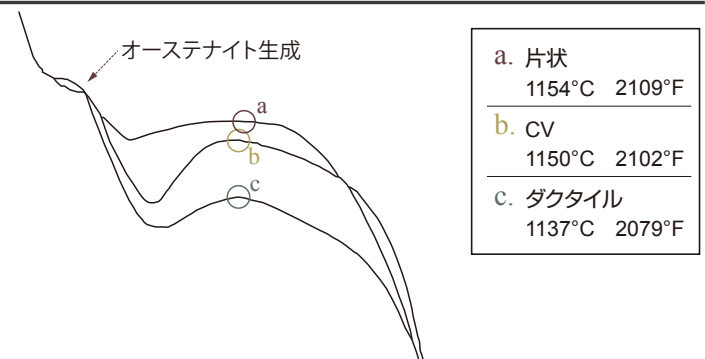
④ 実体と熱分析との相関

実験方法

FCD、CV共に球状化処理された溶湯をセラミックファイバースプーンに採取し、所定の20φ丸棒TP及びシェルカップに注湯する。そこで得られた冷却曲線と20φ丸棒TPの球状化率(自動研磨画像解析処理)との相関度 第1段階75%以上、第2段階85%以上、第3段階95%以上の実験を行い、最終的に球状化率±5%以内の精度で判定できる事が確認された。



⑤ 鼠、ダクタイル、CV鋳鉄の冷却曲線図式



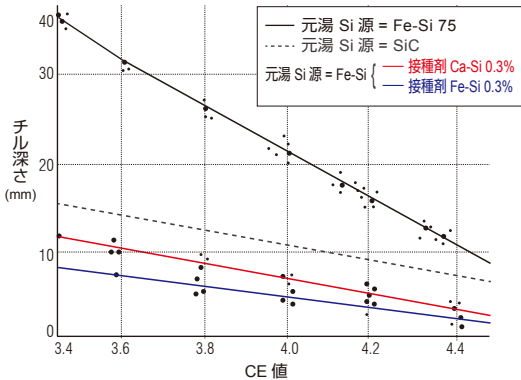
Mg処理後、接種された溶湯が、2102°F以上で共晶凝固する時、そのほとんどは、Mg処理が不適切で球状黒鉛にならない。2066°Fから2075°Fで共晶凝固するならば球状黒鉛が成長した事に反映する。

※試験結果…テスト試料200数十点のテスト結果に総じて、球状化率の向上及び球状化処理の安易さ(処理温度、Mg歩留まり、球化剤、接種剤の効果等)に貢献する溶解処理法はSi源、SiCを必ず使用する。

各材質ごとの球状化率検量線が必要であり、各社ごとにその検量線の補正の必要あり。

② チル

① CE値(炭素当量)とチル深さ(元湯と接種後5分との比較)



- ① CE値が低い
- ② 冷却曲線中の過冷度が深い
- ③ 冷却曲線中の l/e が大きい(初晶点から過冷点までの時間より過冷点から凝固終了点(G点)までの時間が少ない)
- ④ 酸素量が多い

チルの原因

対策

上図の通り
(元湯のSi源、SiCを使用すれば溶湯処理が簡単にできる…接種剤の添加量減少、効果時間の持続が長い)

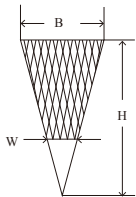
試料採集時間

- ・元湯
- ・接種後5分、10分、15分

くさび試験片の形状と寸法 (mm)

番号	B	H	長さ
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

クサビ型模様型



チルの表示は0.1mm単位とする

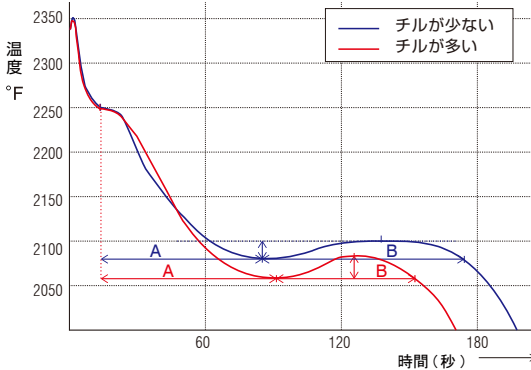
くさび試験片の形状と寸法 (mm)

番号	B	H	長さ
W1	6	25	100
W2	12	32	100
W3	20	38	100
W4	32	50	150
許容誤差	0.8	0.8	3.2

クサビ型チルテスト

日本学振法、ミーハナイト法、ASTM法などがあるが現在ではASTM法に統一されているようである。上図はそのクサビ形チル試験片の模様

⑤ 元湯のSi源 Fe-SiとSiCがチル深さに及ぼす影響



溶解時、Si源としてFe-SiとSiCの比較をした時の微分冷却曲線状態図及び実体計測の結果、SiCを使用した時の方が、チル深さが圧倒的に少ない(上図の通り)

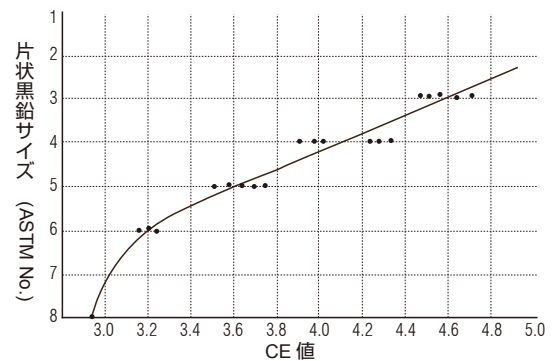
例

- ① 矢印(↑↓)の長い方がチルが多い
- ② 矢印(↔)のAよりBの長いもの: 少ない (A+B=一定の場合)

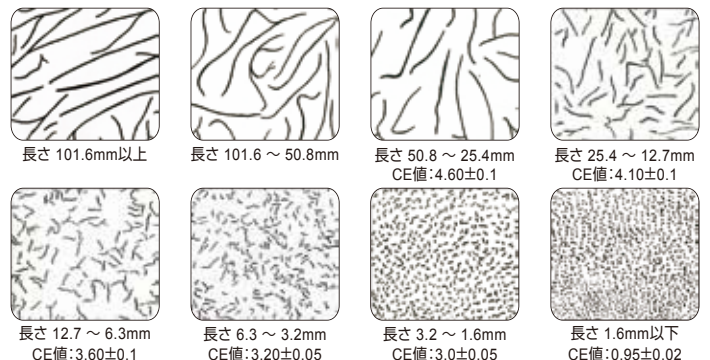
③ ASTM(アメリカ材料試験協会)の片状黒鉛サイズ

① 炭素当量と片状黒鉛サイズ

30φ丸棒の中心部における炭素当量と片状黒鉛サイズ



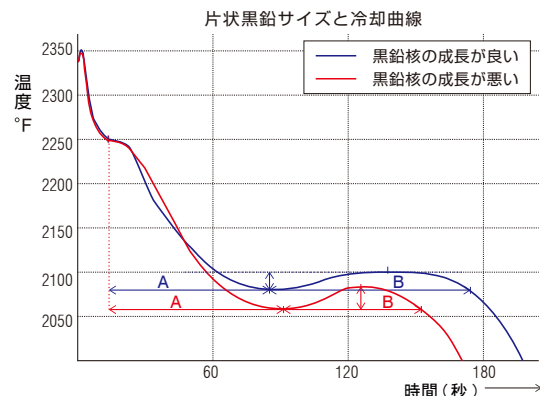
② 片状黒鉛サイズ(mm)とASTM No.(顕微鏡倍率×100)



- ① 過冷度が大きい(過冷度が小さく共晶凝固時間が長いものほどA型黒鉛が多い)
- ② 酸素量が多い
- ③ S%が少ない(0.09~0.095がベター)
- ④ 接種剤の選定(溶湯処理が適切に行われているか確認)

NGの原因

④ CE値の調整



黒鉛は過冷度の2乗で成長するという。即ち過冷度が小さいと、黒鉛の成長速度が遅いから厚い黒鉛層が大きな間隔で発達するのである。過冷度が大きいと樹枝状オーステナイトの一次析出が起こり易くデンドライト間の隙間の共晶セル形成が制限されてしまう。

加珪材としてSiCを使用した方がFe-Siを使用した時より接種効果が大きく減衰も少ない

例

- ①片状黒鉛サイズはCE値が下がるほど小さくなる
- ②片状黒鉛の黒鉛核の成長は別紙グラフ通り
- ③矢印(↕)の短い方が黒鉛粒数は多い
- ④矢印(↔)のAよりBの長いものが黒鉛核の成長が良い

④ 接種剤の選定と冷却曲線の関係

① Si源 Fe-SiとSiCの違いが溶湯性状(冷却曲線)に及ぼす影響

Si及びCの成分調整としてFe-Si及びSiCを使用した溶湯に対する各種接種剤の効果

1. 接種効果に及ぼす溶湯中のS%の影響
2. 鑄鉄の加珪材としてSiCを用いた場合とFe-Siを用いた場合の接種効果比較
3. 各条件下の溶湯における種々接種剤の効果比較

		Fe-Si加珪溶湯	SiC加珪溶湯
溶解炉	出頭温度1525±10° 1回の出湯250kg 接種剤添加量0.30	500kg高周波誘導炉	左同
溶解材料	鋼板屑 50% 自動車鋼板屑 50% (Cr, Cu含有)	左同	
成分調整材	加珪材	・Fe-Si加珪材 (75.0%、0.43%A ₀ 、0.06%Cu)	・SiC加珪材 (66.0%Si、22.0%Ca)
	加炭材	・人造黒鉛加炭材 (96-97%C、0.26%S)	・左同
	その他	・Fe-Mn ・硫化鉄(50%Fe、50%S)	・Fe-Mn ・左同
使用接種剤	接種剤/粒の大きさ	Si% A0%	Ca% Ba% Sr% Mn% Ti%
	1 (1-5mm)	48.0% 0.3%	0.06% — 0.72% — —
	2 (1-5mm)	63.0% 1.00%	1.60% 6.00% — 9.90% —
	3 (1-5mm)	75.0% —	1.00% — — — —
	4 (1-5mm)	52.0% —	5.00% — — — 9.09%

試料採集条件	1) 目標成分(別紙(2) 実験内容口参照) 2) 採集試料 ① 引張試験片(2本) ② チル深さ(W-2、W-3、W-4、W-5) ③ 引張試験棒からの硬さ試験片 ④ 上記試験棒からのマイクロ組織用試験片
--------	---

1. 接種剤によるチルの抑制効果	<p>① S含有量0.032%~0.040%では全ての接種剤が効果がない</p> <p>② 0.032%Sでは接種直後から5分間ではNo.2 No.4 No.3の順で多少効果がある。10分15分と経過すると効果がなくなる。</p> <p>③ 0.032%SでNo.1は無効果</p> <p>④ 0.089%SではNo.1 No.2では5分間まではチル抑制効果がある。10分後では効果が少なくなる。</p> <p>⑤ 0.089%SでNo.3が一番チル抑制効果を示している。</p>	<p>① 0.032%Sでは全て効果が無い。</p> <p>② SiC溶解時でのNo.1は効果的である。(Fe-Siは無効果)</p> <p>③ No.2(Ba, Mn入り)接種剤は溶湯5分保持で8.0mm肉厚でチル0、10分、15分後9.6mm肉厚でチル0、No.11は5分(11.2mmで0)10分、15分も同じ</p> <p>④ No.3 No.4はNo.1No.2に比べ著しく効果が少ない。</p> <p>⑤ 0.096%Sでは全ての接種剤が効果がある。</p> <p>⑥ No.1接種剤は無接種時チル14mmから0mmとなり5分保持で6.4mm肉厚で0mmである。</p> <p>⑦ No.2は抑制力があるが、15分後で抑制力が減衰する。</p> <p>⑧ No.3は最も強い抑制力があるが減衰力も大きい。</p>
------------------	--	--

結果より

- 1) No.1(Sr入り)接種剤
 - ・ S%が高く(0.09%)加珪材としてSiCを使用した溶湯に対して最強のチル抑制効果を示す(他の条件では無効)。
- 2) No.2(Ba, Mn入り)接種剤
 - ・ Fe-Si(75%)溶湯より88%SiC溶湯の方が強いチル抑制力を有する。
- 3) No.3(0.97%Ca、75%Fe-Si)
 - ・ SiC溶湯の場合初期効果があるがSr入りNo.1に比べ効果減衰速度が速い。

	Fe-Si加珪溶湯	SiC加珪溶湯
2. 引張り強さに及ぼす接種効果	<p>① S%を増すにつれて引張り強さは減少する。</p> <p>② No.1接種剤は0.023% 0.032%Sの場合10分経過で元湯時の引張り強さより低く15分後では0.089%S溶湯でも低くなっていく。No.4接種剤も似た傾向。</p> <p>③ No.3接種剤 (Ca少量含有) は引張り強さを大きく向上させる。</p>	<p>① Fe-Si溶湯と同様S%の低い溶湯では接種による引張り強さの向上は少ない。No.1 No.4接種で10分後で元湯の強度以下になる。</p> <p>② S% (0.044%) では全て時間と共に強さが大きく減少する。</p> <p>③ S% (0.096%)では接種後の強さの減少が非常に小さくFe-Si溶湯と比べても非常に小さい。</p>
3. プリンネル	接種効果を評価が出来なかったが接種後の経過時間と共にどの試験片も硬さが減少していた。	
4. ミクロ組織と共晶セル	<p>① S%が増し、保持時間が増すにつれ黒鉛形がA型からD型あるいはE型へ変化し黒鉛寸法も小さくなる。</p> <p>② 基地中のフェライト%は No.3 No.4の接種剤の場合常に多い。</p> <p>③ 共晶セルは接種効果が大きい程増加している。しかしSr入りのNo.1接種剤では減少(元湯にCaが含まれている場合。)</p> <p>④ S%が少ない時No.3接種で共晶セル数が最大となる。しかしS%の増加や保持時間が増すことに減少する。</p>	<p>① S%が0.095%に上昇するに従ってFe₃Cが減少する。</p> <p>② S%が増すにつれて接種した溶湯の共晶セル数が減少する。</p> <p>③ No.4 (9%Ti 5%Ca)は低Sでフェライト効果が大きい。</p> <p>④ No.3(75%Si、1.00%Ca)は高S溶湯で強力なフェライト化効果を示す。</p>
結果より	<p>1) S%が低いFe-Si溶湯及びSiC溶湯いずれの場合も引張り強さの向上は少ない。</p> <p>2) S%が高い溶湯に於いてSiC溶湯はFe-Si 溶湯に比べ接種後の強さの減少が非常に小さい。</p>	

結論

1. 接種剤によるチル発生抑制効果は溶湯中のS%が大きく関連する。
2. SiC加珪の溶湯で S含有量が 0.096%の場合接種効果が著しくチル化抑制される。
3. 元湯のS%が上昇すると引張り強さが減少する。
4. 高S含有溶湯に於いて接種効果の減衰による引張り強さの減少はFe-Si溶湯が大きい。SiCの場合最も少ない。
5. Ca含有の溶湯でSr含有の接種剤(No.1)を使用する場合接種後迅速に鑄込むことが必要である。(減衰が非常に早い)
6. No.2 (6%Ba、10%Mn)はバランスの取れた接種剤で Fe-Si及びSiC加珪溶湯で低Sから高Sでも効力が高い。
7. No.3(1.0%Ca、75%Fe-Si)は中・高S%で良い成績を有す。
8. No.4(5.0%Ca、9%Ti)は低S% 溶湯で強いチル化防止力を有する。
9. Fe-Si溶湯より SiCを配合した溶湯の方がはるかに接種後の時間が長くても引張り強さの減少が小さい
10. 加珪材としてSiCを使用の方がFe-Siを使用した時より接種効果が大きく減衰も少ない。

原因

- ① 冷却曲線中の過冷度が大きいものほどチルは多い
- ② 共晶点 E~G点までの時間が長いものほど黒鉛成長が良い
- ③ lが短く、eが長いものの方が溶湯性状が良い (l+e = 一定の場合)

本機の構成



本体

スタンド × 2

使用消耗品



チルカップ
Chill-Cup



SGカップ A
SGカップ C
SGカップ Q

技術サポート

デモ器無償レンタル

カップスタンド付で、レンタル
できます(2~3日間)。
(消耗品のカップは有償)

オフセット設定

各種検量線の設定を
お手伝いします(有償)。

保証

無料保証期間は1年、それ以降
の修理は、有償にて行います。
尚、お客様による物理的な
事故・破損は、保証期間内に
限らず有償となります。

テクニカルノート

対処法をより詳しく記載した
冊子「テクニカルノート」を
ご用意。

温度点検

温度ユニットの校正。
ISOの規格に準じた書類の
作成可能(有償)

本機の仕様

外形寸法	H440×W590×D175 mm	温度変換機	JIS-K 測定範囲(0~1340°C)
モニタ	21インチタッチパネル(超音波方式)	インターフェース	USB×1 VGA×1 RS232×1 LAN×1(オプション)
OS	Windows Embedded	カップスタンド	2式(5m)
保存期間	3年間	重量	15kg
入力電源	AC100-240V		



株式会社

ナカヤマ

■ 本社 〒451-0066 名古屋市西区児玉3丁目37-22
TEL.052-521-1171(代表) FAX.052-521-1180
E-mail info@nakayama-meps.co.jp

■ 公式サイト <http://www.nakayama-meps.co.jp/>
■ 東日本営業所 TEL.024-545-6588
FAX.024-544-6588

第1版 2012年4月
第6版 2016年1月