

自硬性鋳型の残留強度に及ぼす 気温、湿度の影響

養田 実・吉本 隆志・中田登志夫

Influences of Temperature and Humidity on the Residual Strength of Self-Hardening Mold after Heating at High Temperature.

Minoru YOYODA · Takashi YOSHIMOTO · Toshio NAKADA

概 要

けい酸ソーダとけい酸カルシウムを粘結剤とした鋳型はCO₂型より良い長所がある。

CO₂型の欠点すなわち、けい酸ソーダを粘結剤とした鋳型は鋳込み後の残留強度が非常に高いため崩壊性は困難となる。

一般的にいうと、この鋳型の残留強度はけい酸ソーダとけい酸カルシウムとの化学反応に寄与しなかったけい酸ソーダによって関係するものと予想される。従って、この鋳型の残留強度は気温、湿度の変化によって影響するものと考えられる。

本実験は、自硬性鋳型に及ぼす気温、湿度と崩壊材（ベントナイト、ピッチ、グリオキザール）の影響について検討した。

得られた結果は次のとおりである。

- 1) 気温が高くなると残留強度は低下する。
- 2) 湿度が低くなると残留強度が高くなる。
- 3) 崩壊材を添加すると、自硬性鋳型の残留強度は低下し、崩壊性が改善される。

Synopsis

Sand mold bonded with sodium silicate and dicalcium silicate has more merits than CO₂ sand mold. But CO₂ sand mold bonded with sodium silicate has difficulty in collapsibility

because of its too high residual strength after heating at high temperatures. Generally speaking the residual strength of this mold has been considered to depend on sodium silicate which is unconcerned in the chemical reaction between sodium silicate and calcium salt silicate.

Therefore, it is expected that the residual strength of this mold will be influenced by varying the temperature and the humidity.

In this experiment, we studied the effects of the temperature, the humidity and the collapsing materials i.e, bentonite, pitch, glyoxal on the residual strength of self-hardening mold.

The results obtained are as follows.

- (1) The residual strength decrease as the temperature rises.
- (2) The residual strength increases as the humidity lowers.
- (3) When the collapsing materials are added to self-hardening mold the residual strength of self-hardening mold and its collapsibility decrease.

自硬性鑄型の残留強度に及ぼす気温、湿度の影響

1. 緒 言

従来残留強度と崩壊性に関しては、いくらかの報告があるが、けい酸ソーダを粘結剤とする鑄型は一般的にいて鑄込み後の崩壊性が非常に悪いといわれ、特に低温域においては未反応けい酸ソーダの乾燥脱水によって異常な残留強度の増加が認められる。又高温域においては、けい酸ソーダと砂との焼結が起るとされている。

しかしけい酸カルシウム塩-けい酸ソーダ系自硬性鑄型いわゆるダイカル鑄型はCO₂型より幾分崩壊性が良くなるといわれている。

これはけい酸カルシウム塩、2CaO・SiO₂と、けい酸ソーダとの化学反応により未反応けい酸ソーダの量が少なく、高温域においては、けい酸カルシウム塩の $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 結晶転移が残留強度を低下させ崩壊性を助長することによるものと考えられている。¹⁾

しかし、低温域においては、尚かなりの残留強度が認められ、更に崩壊性を向上させる対策が望まれている。造型に際しての気温、湿度の変化に応じて常温における鑄型の強度ならびに各種特性が、かなり異なってくることは前回の実験でわかった。²⁾このような気温、湿度と常温強度との関連性は鑄込み後の残留強度にも当然影響するものと予想される。

そこで今回は造型時の気温、湿度の変化が鑄込み後の鑄型の残留強度にどの程度影響するかを検討し、またけい酸ソーダモル比、各種添加剤（ベントナイト、ピッチ、グリオキザール）との関連性についても検討した。

2. 供試材および実験方法

2・1 供試材

本実験に使用したけい酸ソーダの性状および、ケイ砂（三河5号ケイ砂）、フェロクロムスラグ（日本重化学製造）、ピッチ、ベントナイトの化学成分、粒度分布を表1～8に示す。

表-1 ケイ酸ソーダの性状

No.	モル比	Be	Na ₂ O	SiO ₂	比重
1	3.2	41	9.09	28.94	1.39
2	3.0	43	9.44	28.56	1.42
3	2.7	47	11.05	29.90	1.48
4	2.5	52	13.05	32.09	1.57

表-2 ケイ砂の粒度分布

粒度(μ)	1,190	840	590	420	297	210	149	105	74	53	Pan
%	0.6	0.8	2.4	19.2	34.8	26.8	10.0	4.4	0.4	0.2	0.2

表-3 ケイ砂の化学分析値

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	MgO	I _g Loss
%	86.48	9.34	1.10	0.57	0.24	0.49	0.87

表-4 フェロクロムスラグの粒度分布

粒度(μ)	149以下	149~74	74~53	53以上
%	0.8	6.5	7.0	85.1

表-5 フェロクロムスラグの化学分析値

成分	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	その他
%	50.8	27.0	8.3	9.8	6.1

表-6 ベントナイトの粒度分布

粒度(Mesh)	35	48	70	100	150	200	270	Pan
%	0.1	0.2	0.4	13.4	46.0	21.0	6.2	12.7

表-7 ベントナイトの化学分析値

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	I _g Loss	水分
%	77.3	13.5	1.5	1.0	3.1	3.6	8%以内

表-8 ピッチの粒度分布及び化学分析値

粒度(Mesh)	48	70	100	150	200	270	Pan	成分	揮発分	灰分	固定炭素
%	2.8	5.0	6.4	9.8	12.0	14.0	48.0	%	20±3	1.0	79±3

2・2 実験方法

ケイ砂3kgに対してフェロクロムスラグ粉末を3%(wt)配合して、小型シンプソンミル(容量10kg、36rpm)で30秒間混合し、各種モル比(2.5,2.7,3.0,3.2)のけい酸ソーダを6%(wt)添加して、各条件に応じた適正混練時間で攪伴混練した。各種添加材(ベントナイト、ピッチ、グリオキザール)はフェロクロムスラグを添加し、30秒間混練した後に添加し、15秒間混合した。混練後すばやく50mmφ×50mm^hの鑄物砂標準試験片を作成し、恒温恒湿器中に設定した実験条件(気温5℃、15℃、30℃の各々に対して湿度50%、70%、85%と設定)のもとに24時間放置し、その後を200℃、400℃はニクロム線加熱炉で、また600℃、800℃、1000℃、1200℃はシリコニット炉で焼成した。その後空気中にて冷却し24時間経過した状態での残留強度を測定した。

抗圧力は5kg/cm²まではペンデュラム型鑄物砂万能試験機で、またそれ以上の場合は3ton荷重アムスラ

一試験機で測定した。SSIはJISにもとづいてロータップ型自動ふるい器においてサンプルを6 meshふるい上で60秒間揺動後の重量変化で示した。なおバク熱時間は Dietert の加熱時間を参考にした。表-9、10に各条件に応じた適正混練時間、および加熱保持時間を示す。

表-9 気温と適正混練時間

気温 モル比	5℃	15℃	30℃
2.5	150sec	120sec	120sec
2.7	120sec	90sec	60sec
3.0	60sec	30sec	15sec
3.2	60sec	30sec	15sec

表-10 加熱保持時間

加熱温度 ℃	200	400	600	800	1000	1200
保持時間 min	68	40	23	18	14	10

3. 実験結果及び考察

3・1 残留強度に対するけい酸ソーダモル比及び気温の影響

本来、けい酸ソーダスラグ自硬性鋳型においては水ガラスとスラグとの化学反応に対して温度がかなりの影響を及ぼすことが予想される。残留強度は一般的に水ガラスとスラグとの硬化反応に寄与しなかった未反応水ガラスの量によって決まると思われ、そこで造型中、室温がどのくらい影響するものかについて検討すると次のようになる。

残留強度に及ぼすけい酸ソーダ及び気温の影響について、湿度を70%一定にして気温を5℃、15℃、30℃と変化させた場合を図-1に示す。

まず モル比 2.5の場合について見ると、全般的に30℃、15℃、5℃と低温になるにつれて残留強度が高くなっており、これは造型中に気温が高い場合、水ガラスとスラグとの硬化反応が活発となり、その生成する硬化物が多くなり、したがって加熱後の残留強度に影響する未反応水ガラスの量が少なくなるため残留強度がこのように低く現われるものと思われる。また、低温5℃においては水ガラスとスラグとの硬化反応が緩慢となり未反応水ガラスが多量に残存するため、残留強度が高く現われたものと考え

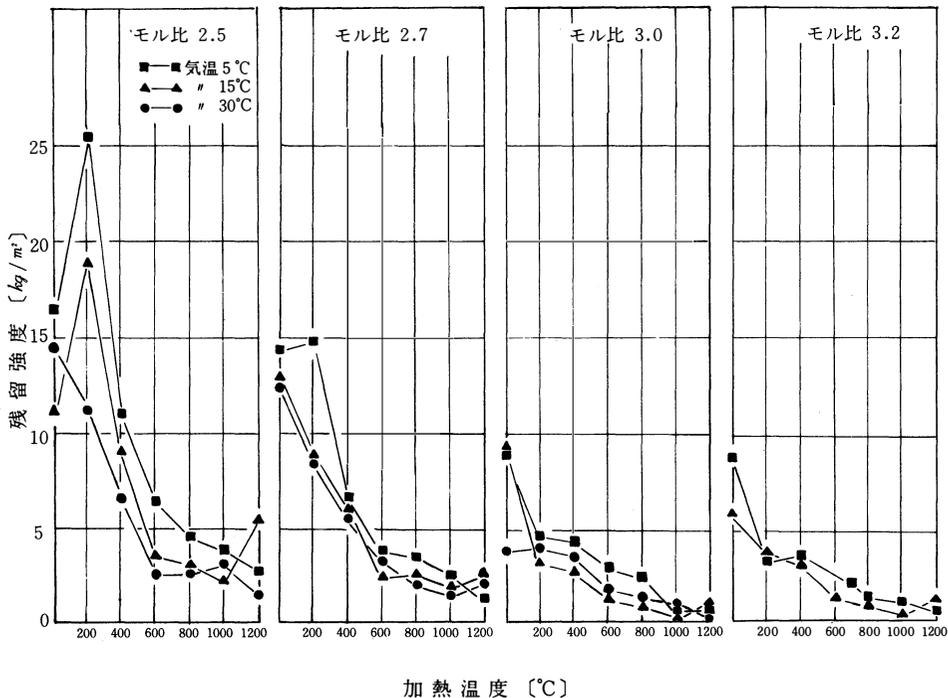


図-1 気温、けい酸ソーダモル比と残留強度との関係 (湿度70%一定)

自硬性鑄型の残留強度に及ぼす気温、湿度の影響

られる。
 気温、5℃、15℃の時、加熱温度 200℃においては異常な残留強度の増加が認められる。しかし気温30℃においては、このような現象が現われていない。このことからやはり低温時、5℃においては、高温時、30℃よりも鑄型内においての水ガラスとスラグとの硬化反応が緩慢となるために未反応水ガラスが多く残存するため加熱温度 200℃においてこの未反応水ガラスの乾燥脱水硬化が現われたものと思われる。モル比が2.7、3.0、3.2の場合においても気温が、30℃、15℃、5℃と低くなると残留強度が高く現われている。またモル比が高くなると水ガラスとスラグとの硬化反応が活発となり未反応水ガラスの量が少なく、Na₂Oの量も少ないため残留強度が低く現われたものと思われる。

3.2 残留強度に対するけい酸ソーダモル比及び湿度の影響。

残留強度に及ぼす湿度、けい酸ソーダモル比の影響について温度15℃一定にし湿度、50%、70%、85%と三段階に変化させた場合を図-2に示す。これを

見ると、モル比 2.5の場合において、加熱温度 200℃、400℃における残留強度は湿度の影響を大きく受けるが、加熱温度 600℃、800℃、1000℃、1200℃における残留強度は湿度の影響は少ない。これは鑄型内の未反応水ガラスの室温にての脱水硬化の程度と、水ガラスとスラグとの硬化反応による硬化生成物の量との関係によって影響を受けるものと考えられる。鑄型内の未反応水ガラスの脱水が少ないとき、すなわち湿度85%では、加熱温度にさらされると急激に鑄型内の粘結剤である水ガラスが乾燥脱水を受けるため内部に硬化体である硬化生成物との間に収縮応力が働いて歪が生じ残留強度の低下を招いたものと思われ、³⁾そのために加熱温度 200℃、400℃における残留強度が湿度の影響を大きく受けるものと考えられる。なお、ケイ砂のα→β石英転移温度、575℃以上の加熱温度、600℃、800℃、1000℃、1200℃における残留強度は水ガラスとスラグとの硬化生成物の量によって変化するであろうと思われる。気温が15℃一定であるためこの硬化生成物は同量であろうと予想されるので、600℃以上の残留強度には湿度の影響はあまり現われないものと思われる。この傾向はモル比 2.7、3.0、3.2の場合においても同様な傾

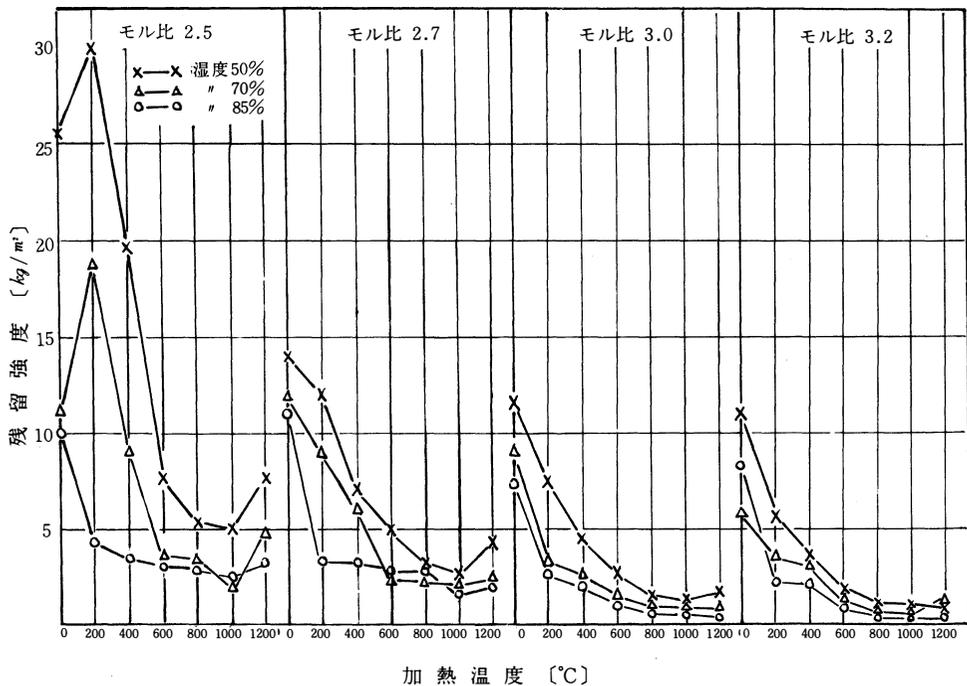


図-2 湿度、けい酸ソーダモル比と残留強度との関係 (気温15℃一定)

向が認められた。

またモル比が高くなればこの傾向は小さく現われている。なお、実験結果によれば、硬化生成物の多い時すなわち造型中の気温が高い時、残留強度は湿度の影響を大きく受けている。一般的に、スラグ系自硬性鑄型はCO₂型に比べて崩壊性がすぐれているのは、スラグ中での主成分である2CaO・SiO₂が冷却に際し850℃に於けるα⇌γ結晶転移が12%の容積増加を伴い、この異常膨脹が粉塵化の原因となりこれが鑄込み後の崩壊性を助長し高温域での残留強度を低下させているものと考えられる。以上の結果から残留強度は、けい酸ソーダモル比、気温、湿度によって大きな影響を受けていることがわかる。そこでけい酸ソーダモル比 2.5において残留強度が非常に高くなると思われる、低温、低湿すなわち実験条件気温5℃、湿度50%に於いて、いかに残留強度を低下させ、常温での鑄型特性（抗圧力、SSI）を悪化せずに崩壊性を良好にするかについて、各種添加剤（ベントナイト、ピッチ、グリオキザール）の添加量を変化させ残留強度との関係について検討した。

3.3 ベントナイト添加による影響

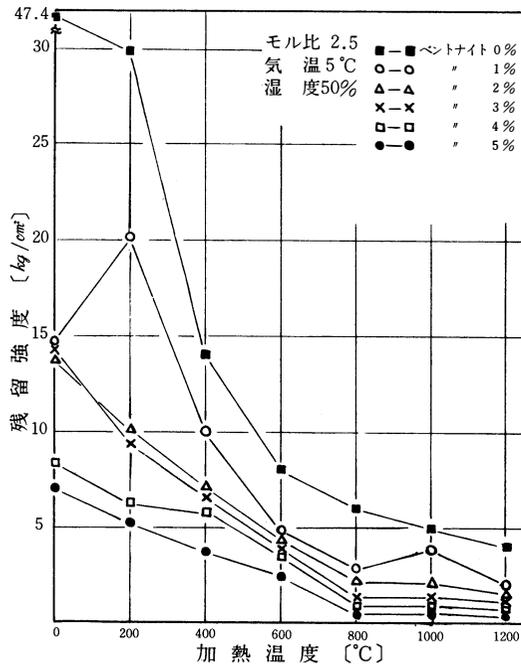


図-3 ベントナイト添加量による残留強度の変化

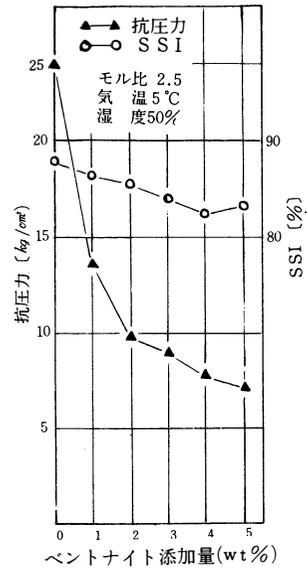


図-4 ベントナイト添加量による抗圧力、SSIの変化

気温5℃、湿度50%中で、けい酸ソーダモル比 2.5においてベントナイトの添加量（1、2、3、4、5% (wt)）によつての残留強度の変化を図-3に示す。これを見るとベントナイトの添加は無添加のものより、残留強度を低下させており、添加量の多いものほど効果が大きい。これはベントナイトが600℃前後で大部分の結晶水を失い、完全脱水するため粘土としての粘結性を喪失することによると考えられる。しかし、添加量が増加すると常温での鑄型特性、すなわち抗圧力、SSI等が悪化させるものと予想される。ベントナイト添加量に対する抗圧力、SSIの変化を図-4に示す。

これを見るとベントナイト添加量が増加すると抗圧力、SSIが低下する傾向が見られる。これはベントナイトが鑄型中の水分を吸湿し水ガラスの脱水を阻害するためであろうと思われる。今、中小鑄物の24時間放置後の鑄込可能強度を8 kg/cm²とするとベントナイトは3~4%以上添加することは避けなければならない。図-3より残留強度はベントナイト2,0%以上添加してもあまり変化がないようである。

自硬性鋳型の残留強度に及ぼす気温、湿度の影響

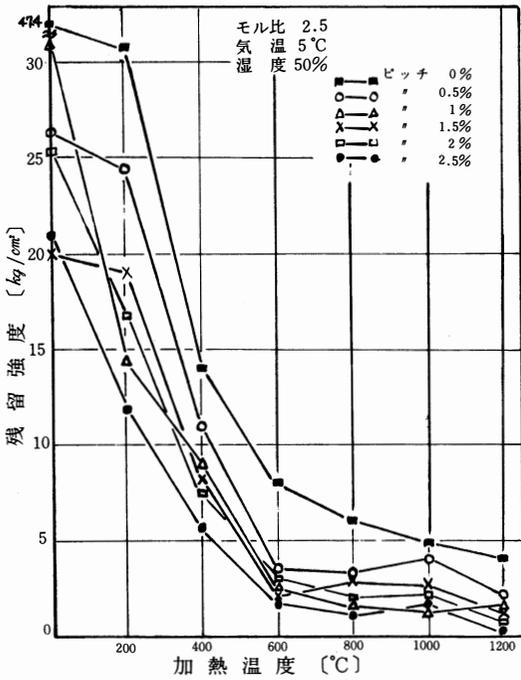


図-5 ピッチの添加量による残留強度の変化

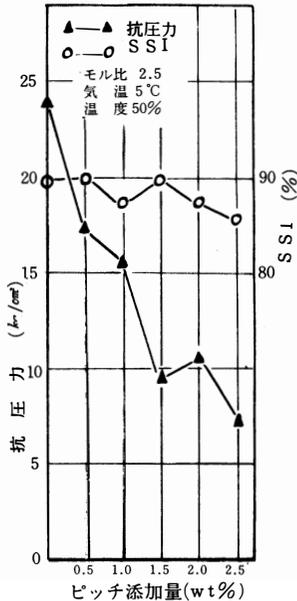


図-6 ピッチの添加量による抗圧力、SSIの変化

3.4 ピッチ添加による影響

けい酸ソーダモル比 2.5、気温 5 $^{\circ}C$ 、湿度50%に於いてピッチ添加量(0.5、1.0、1.5、2.0、2.5%(wt))によって残留強度の変化を図-5に示す。

熱分解の早いピッチを使用すると添加量が多いほど残留強度が低下し崩壊性が良くなると思われる。とくに高温域においてはピッチが水ガラスと砂との焼結を防止するため残留強度の低下が著しい。しかし低温域に於いては添加量の差異はあまり認められることは出来なかった。図-6にピッチ添加量による抗圧力、SSIの変化を示す。これもピッチ添加量が増加すると鋳型特性(抗圧力、SSI)が悪化する。これも、今、鋳込み可能強度を $8 kg/cm^2$ とするとピッチ添加量を 2.0%以下におさえるべきであろうと思われる

3.5 グリоксиザール添加による影響

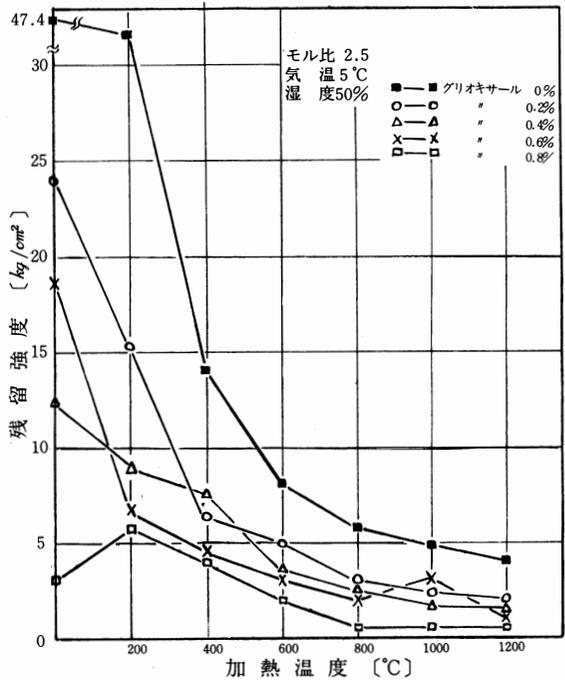


図-7 グリоксиザールの添加量による残留強度の変化

けい酸ソーダモル比 2.5、気温 5 $^{\circ}C$ 、湿度50%、に於いてSUプロセスでの硬化促進剤であるグリоксиザールの添加量(0.2、0.4、0.6、0.8%(wt))によって残留強度の変化を図-7に示す。多く添加すれば残留強度の低下が急激にあらわれている。これはグリоксиザールが水ガラスと次のような硬化反応を起こす⁽⁴⁾ためと考えられる。

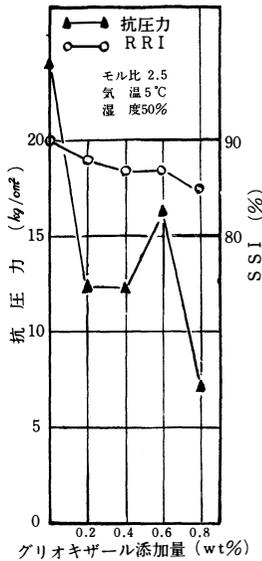
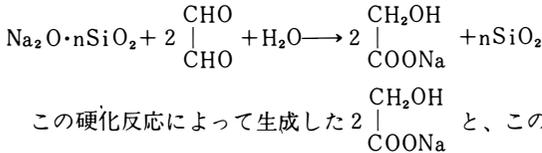


図-8 グリオキザール添加量による抗圧力、SSIの変化



硬化反応によって鑄型中に残存する未反応水ガラスが少なくなるため残留強度が低下したものと考えられる。

また図-8にグリオキザールの添加量による抗圧力、SSIの変化を示す。これもグリオキザール添加量が増せばこれら鑄型特性は悪化している。24時間後の鑄込み可能強度を 8 kg/cm^2 とすればグリオキザール添加量を 0.6%以下に止めるべきである。

以上の結果から残留強度はけい酸ソーダモル比、気温、湿度によって大きく影響されると思われる、特に残留強度が高くなると思われるけい酸ソーダモル比 2.5に於いて、低温、低湿すなわち実験条件気温 5°C 、湿度50%に於いては残留強度が高くなり鑄込み後の崩壊性が非常に悪くなる。

しかるに冬季においては夏季に比べて鑄込み後の崩壊性が悪くなり型バラシ作業能率が非常に低下するものと考えられる。そこで、これを改善する必要があり、表-11に残留強度が高くなると予想される環境すなわちけい酸ソーダモル比 2.5において気温 5°C 、湿度50%に於ける各種添加剤（ベントナイト、

ピッチ、グリオキザール）の適正添加量を示す。

表-11 気温 5°C 、湿度50%に於ける各種添加剤の適正添加量(けい酸ソーダモル比 2.5)

各種添加物	ベントナイト	ピッチ	グリオキザール
添加量 (wt%)	2.0%	2.0%	0.6%

これを見るとベントナイトを使用するときは、2.0%程度、ピッチの場合は 2.0%、グリオキザールの場合は 0.6%程度添加すれば、この低温、低湿中での常温での鑄型特性（抗圧力、SSI）を悪化せずに残留強度を低下せしめ、崩壊性を良好にし鑄込後の型バラシ作業能率も向上するものと予想される。

4. 結 言

1. 残留強度に対する気温の影響について、気温が低いほど残留強度は高い。
モル比が低いほど気温の影響は大きい。
2. 湿度の影響については、低湿であるほど残留強度は高い。
モル比が低いほどこの影響は大きい。
3. 残留強度に対する気温、湿度と各種添加剤（ベントナイト、ピッチ、グリオキザール）との関連性については、一般に水ガラスのモル比が高くなるほど気温、湿度の影響は小さい。しかし、低モル比 2.5の場合、気温、湿度の影響を大きく受けやすく、特に冬季は夏季よりも残留強度が高く崩壊性が悪化すると思われ、各種添加剤を加えてこの冬季の崩壊性を改善する必要がある。この崩壊性を改善するために各種添加剤、ベントナイトを添加する場合 2.0%、ピッチの場合 2.0%、グリオキザールは 0.6%程度添加すれば、この冬季に於ける残留強度の増加をおさえ、崩壊性を改善し鑄込み後の作業能率を高めることが出来ると考えられる。

（日本鑄物協会第84回講演大会に於いて）
昭和48年10月16日に講演したものを

参考文献

- 1) 岡林、井口、中林、大橋、浜田：鑄物41 (1967) 2. 77
- 2) 養田、吉本：富山大学工学部紀要21 (1973) 2. 20
- 3) 高柳、加藤、養輪：鑄物41 (1967) 3. 206
- 4) 日刊工業、特殊鑄型 120

受付 昭和48年11月10日