



鋳物砂炭酸ガス処理法の高温における性質について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-05-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮本, 武, 菊地, 千之 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3138

鑄物砂炭酸ガス処理法の高温における性質について

宮本 武・菊地 千之

On the Properties of CO₂ Process at Elevated Temperatures

Takeshi Miyamoto and Kazuyuki Kikuchi

Abstract

In this study, the authors reported the results of the experiment which was carried out to investigate elevated temperature properties and the reclamation of sand in the CO₂ process.

Above the temperatures of 600°C, the hot strength of CO₂ process sand decreases greatly down to less than 2 kg/cm². Contrary to the above mentioned result, the retained strength of the CO₂ process sand increases greatly and poorer collapsibility results.

Furthermore, the authors tried to find out the percentage of sodium contained in the CO₂ process sand which can be separated by washing with water and obtained the result that about 45--50% of vitrified alkali was separated from the sand in the CO₂ process by washing with hot water at 50°C temperature.

I. 緒 言

CO₂ プロセスによる砂型の成型法は乾燥炉を使用することなく鑄型に出来る点、粘結剤として珪酸ソーダ、および炭酸ガスが比較的安価であるなど多くの特徴を有している。しかし一方においてまた多くの欠点がある。すなわち成型後に吸湿性が強い、塗型が困難である、古砂の回収ができない、崩壊性が悪い、吹かれるというような種々の欠陥が生じている。

このような欠点の原因となるものは色々と考えられるが、近年鑄物砂の高温性質が鑄物の良否、ことに鑄底の発生状態と密接な関連性があることが明白になった。このことにより CO₂ プロセスにおいても砂の高温性質が不明であるために基因しているものと考えられる。

以上のことから高温時における CO₂ プロセス使用砂の状態の変化を知るために、高温強度および崩壊性に関連のある残留強度について、又一度使用した砂の回収法について試験を行なつて得た結果を報告する。

II. 高 温 強 度

1. 実験材料およびその方法

実験に使用した珪砂は三栄銀砂 5 号である。この砂に対して、粘結剤として日産化学製サ

ンドセットを使用した。添加量の決定は従前の研究¹⁾および予備実験により4%とした。この添加量のときが、ガス処理時間の変化に対して最も安定した強度を示し、現場的にも普通に添加されている量である。粘結剤添加後約10分間混練し、調整後の砂はただちに密閉罐中に保存した。

試験片寸法はAFA規定の2"×2"の円筒状試験片とし、AFA規定の搗固機で割型を用い3回搗固めて作製した。これをただちにガス処理しデシケーター中に保存した。ガス処理時間は5, 10, 20秒とした。加熱時間については、AFA高温性質研究委員会²⁾の実験結果を参考にして12分とした。加熱温度は200°Cから900°Cまでとして、高温強度と残留強度を測定した。又残留強度測定前に通気度を、強度試験終了後の砂についてpHの測定、顕微鏡による砂の観察をあわせて行なった。

2. 実験結果および考察

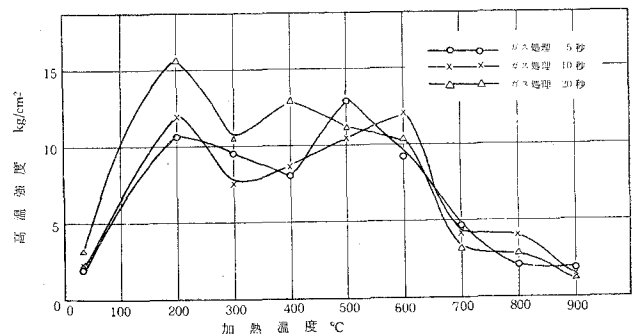
A. 高温における強度

第1図に加熱温度と高温強度の関係を示す。加熱温度低い場合は、高温強度がガス処理時間にかかわらず一般に高くなっている。ガス処理時間20秒では200°Cにおいて16.4 kg/cm²という最高強度を示し、その後漸次強度を低下し、600°C以上では急激に強度を減少し900°Cにおいて2 kg/cm²以下にまで低下している。ガス処理時間10秒、5秒では最高強度がそれぞれ600°C、500°Cにおいてあらわれ、20秒の場合と同様に600°C以上にて急激に強度を減少している。

CO₂プロセスは水ガラスと炭酸ガスとの反応によるシリカゲルの形成に基づいておるもので、この反応は二通りの仕方をする³⁾。

1) 炭酸ガスと反応してシリカゲルを作る反応で、このゲルはシリカ

と水との化合物であるから水を失うと強度の全くないシリカだけとなる。2) 炭酸ガスと反応する前に結合水分を失った場合、ガラス状の非常に強度の高い固体シリケートを形成する。以上により、5秒、10秒という短時間のガス処理試験片では水ガラスと炭酸ガスとの反応は不十分であるため、未反応水ガラスが試験片中に残つて居り、また炭酸ガスによる脱水も充分に行なわれておらない状態であるため、これらが加熱によつて反応が進行して、ガラス状の固体シリケートを形成し、また一方脱水作用によりシリカだけが生ずることになる。一定加熱時間で加熱温度が高くなるにしたがい、より安定な状態へと反応が進行し、それぞれ500°C、600°Cで



第1図 高温強度試験における加熱温度と強度との関係

最高強度を示すものと思われる。

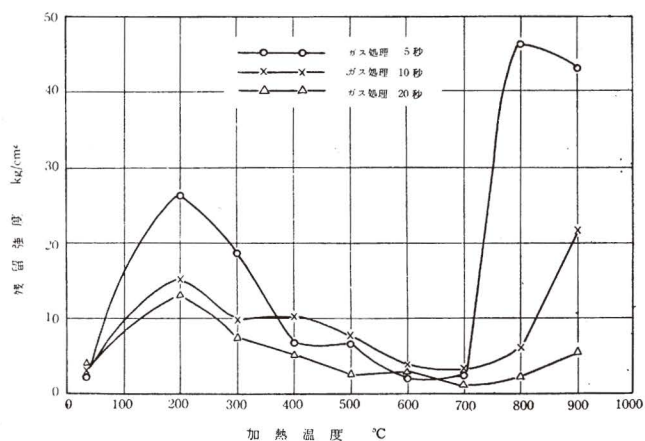
ガス処理時間 20 秒の試験片では、水ガラスと炭酸ガスとの反応は加熱以前に充分に行なわれておるため、シリカゲルの生成も一様におこなわれ、砂粒子間の結合も密になり、短時間の一定加熱温度でさらに安定した状態になるのではないと思われる。このため 200°C で最高強度を示し、その後 600°C までの間では強度の著しい変化がみられない。

600°C 以上の加熱温度では、ガス処理時間の変化に対する強度の影響がほとんどあらわれず、一様に強度の低下を示している。700°C で約 4.5 kg/cm²、900°C では 1.7 kg/cm² となる。丁度鋼材における低温脆性の遷移点と同じような現象が 600°C から 700°C の間で生じている。600°C 以上の加熱温度で強度が低下してくるのは、試験片中のガラス状シリケートが急激に加熱され、収縮と亀裂が生ずるためではないかと思われる。一方珪砂がこれらの温度において α 石英より β 石英に転移するため、砂粒子自身が膨脹するためと思われる。さらに加熱がすすみ 800°C 以上となると珪酸塩は熔融し始め、珪砂は β 石英から β -鱗石英への転移を起すため試験片は非常に塑性的となり、荷重を加えると試験片は塑性流れを起す状態となるため強度は増加しないこととなる。

B. 残留強度

残留強度とは、試験片を一定温度で、一定時間加熱した後、常温まで徐冷して強度を測定した値をもつて表わす。そのため実際の現場作業における型ばらし、砂落としおよび中子の熱間亀裂などの問題解決に関連する強度である。実際の鋳型の場合には熔融金属が冷却してゆくので冷却速度が場所により異なるため条件はちがってくるが、型ばらしの問題、すなわち崩壊性に対して有効な試験である。

加熱炉から取出した試験片はデシケーター中で徐冷し、強度を測定した。この結果を第 2 図に示す。この図から明らかなように、比較的温度の低い 200°C のところで最高強度を示し、500°C から強度が低下して、600°C、700°C 以上の温度で強度が再び漸次上昇している。600°C、700°C 以上で強度が上向きになるのは、珪酸塩が熱されてガラス化し始め、砂粒をとりまく粘結剤が高温でさらされる



第2図 残留強度試験における加熱温度と強度との関係

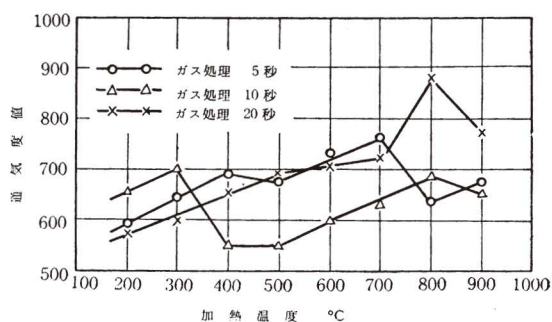
ために部分的に焼付いて、これが徐々に冷却されるにしたがつて、そのままの状態に固化するためであると思われる。それ故に高温における強度と異なつて、試験片自体が非常に硬いものとなるためであろう。又 700°C 以上の加熱温度で生ずる強度と 200°C から 500°C までの加熱温度で生ずる強度とはその硬化機構が異なるため差異が生ずるのであると思われる。

第3図は各温度に加熱した後に徐冷した試験片について通気度を測定した結果を示す。

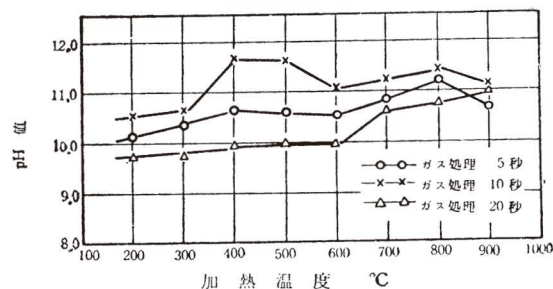
ガス処理時間が短い試験片では、加熱温度が高くなるにしたがつて、通気度が高くなり、残留強度の場合と逆の現象を示している。通気度はそれぞれ 700°C 、 800°C において最大値を示している。一般に生型では、ガス処理時間、添加量の変化に対して通気度の値はあまり影響を受けないが⁴⁾、高温に加熱されると砂粒子間の結合が変化するため、ガス処理時間、粘結剤の添加量が通気度に対して影響を与えるものと思われる。

次に残留強度を測定した試験片について、その pH 値を参考のために測定したところ第4図のような結果を得た。

この結果加熱温度 200°C から 600°C 位までの間では、あまり変化はないが、加熱温度 700°C から 900°C の間では変化



第3図 残留強度試験における加熱温度と通気度の関係



第4図 残留強度試験における加熱温度とpHの関係

している。これは残留強度が、この温度範囲内で一定とならず、大きく変化しているのと同じような傾向を示している。この温度範囲内においては珪砂自身に変化しており、水ガラスと炭酸ガスとの間における反応生成物と全く異なつたものが生じておるためであろうと思われる。

写真1~7は高温試験を行なつた珪砂について顕微鏡をもちいて砂粒子の状態を観察したものである。写真1は原砂である。写真2, 3はサンドセットを添加した砂で全体として茶色をなし、いぶされたような色である。

写真4は茶色に焼け、試験片に荷重を加えると縦に亀裂が入つて破壊する。写真5では完全に真黒に焼けており、すべての試験片中 500°C が一番濃い色をしている。亀裂の数が多くなる。写真6になると試験直前においてその表面は赤味をおび、冷却するにしたがつて薄いねずみ色を呈する。砂の表面にはサンドセットの燃焼生成物のようなものが僅かに附着している。

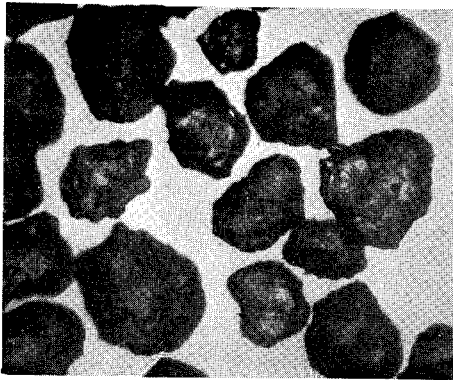


写真1. 三栄銀珪砂5号
原 砂



写真4. サンドセット添加量 4%
炭酸ガス処理時間 20 秒
加熱温度 300°C

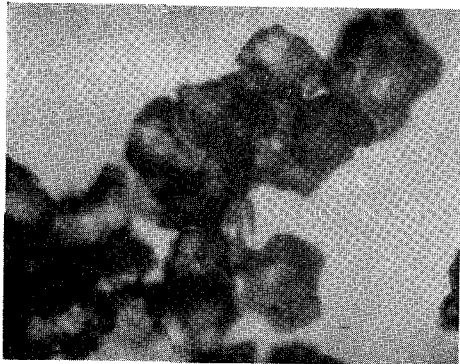


写真2. サンドセット添加量 4%
炭酸ガス処理時間 ナシ
加熱温度 ナシ



写真5. サンドセット添加量 4%
炭酸ガス処理時間 20 秒
加熱温度 500°C

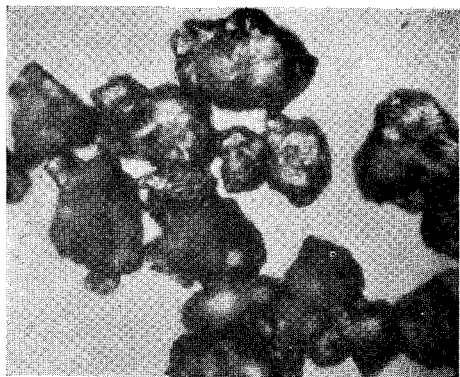


写真3. サンドセット添加量 8%
炭酸ガス処理時間 ナシ
加熱温度 ナシ

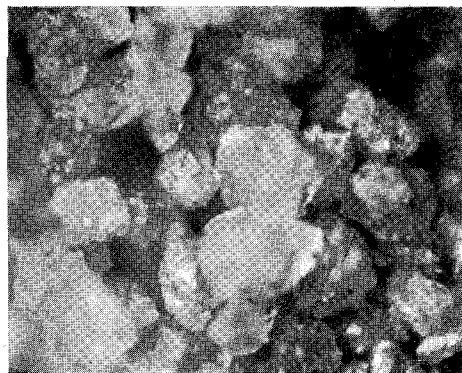


写真6. サンドセット添加量 4%
炭酸ガス処理時間 20 秒
加熱温度 700°C

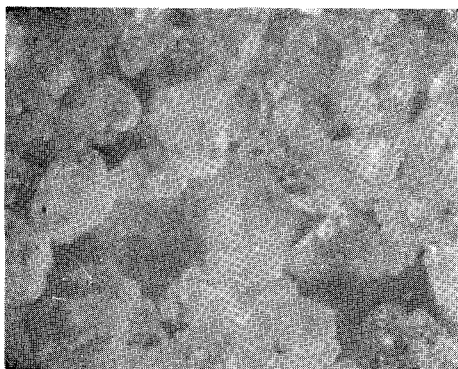
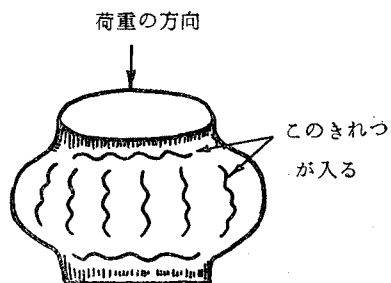
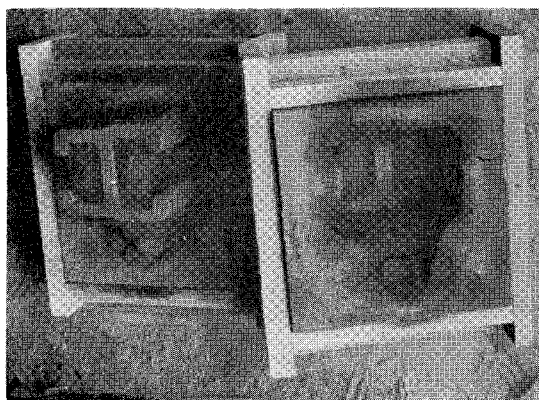


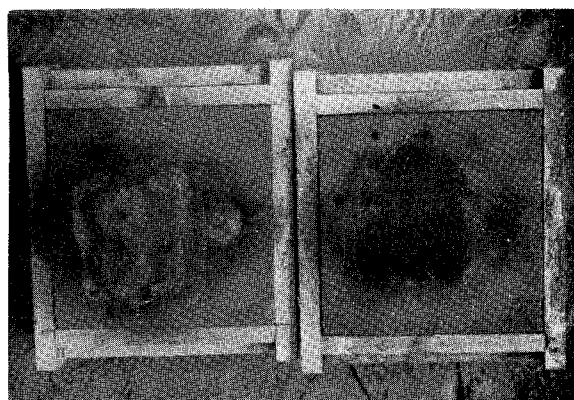
写真7. サンドセット添加量 4%
炭酸ガス処理時間 20 秒
加熱温度 900°C



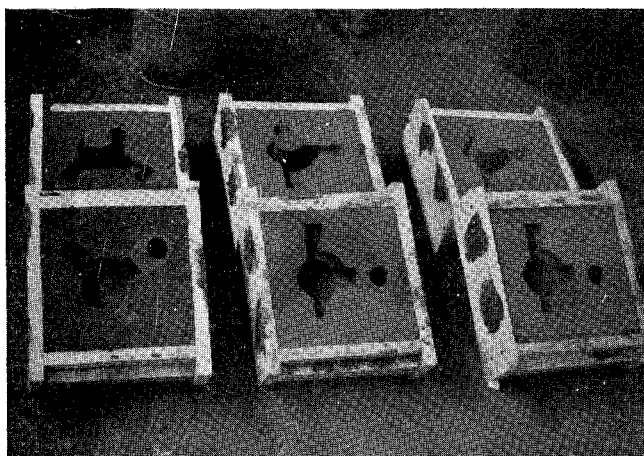
第5図 加熱温度 900°C の試験



第8図(A) 鋳込後 20 分



第8図(B) 鋳込後 60 分



第9図 第7図の木型により造型した

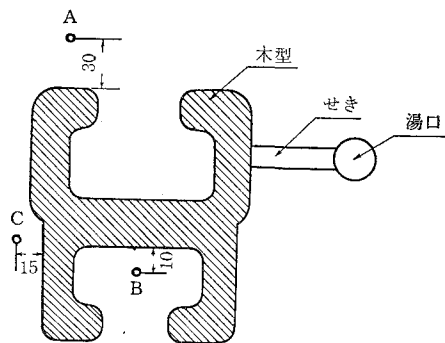
写真7では完全に赤色を呈し、荷重を加えると第5図の様になり、真中がふくらんで、冷却途中において縦に亀裂が生ずる。完全に冷却した場合、原砂と同じ白色になる。

III. 鋳 込 試 験

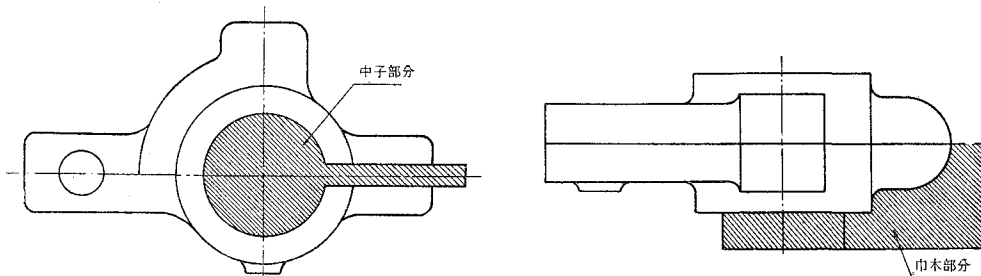
CO₂プロセスで造型された鋳型に、鋳込んだ場合鋳型内の温度分布がいかなるか、崩壊性の良否について検討をするため、前述の高温試験、残留試験の結果を参考にして、1) 鋳型内温度分布、2) 主型の型ばらしおよび中子部の砂の崩壊性について実験を行なった。

1. 実験材料およびその方法

珪砂は三栄白銀珪砂5号、サンドセットは日産化学製を使用その添加量は4%とし、混練はスピードラマで10分間行なつたうえで、第6図、第7図に示す木型を用いて造型した。ガス処理時間は5, 10, 20秒とした。造型後鋳込までの放置時間は40~48分(第6図の木型)、60~81分(第7図の木型)であつた。鋳込重量は2.3 kg, 1.64 kgである。



第6図 鋳型内の温度測定箇所



第7図 鋳込試験木型(中子使用)

キュボラは3 t/hrの熱風式キュボラで、配合割合は銑鉄10%、鋼屑90%、Fe-Si 12%、Fe-Mn 1.2%、接種0.25%でFC-30の普通鋳鉄である。出湯温度1450°Cで鋳込温度1220°Cである。これは小さなトリベで注湯したため温度が低下したのである。温度測定は第6図に示す位置で、鋳型内温度変化は鋳込後2, 5, 10, 15, 30, 45, 60分について測定した。

2. 実験結果および考察

第8図に鋳型内温度分布の測定結果を示す。鋳込後2分では各位置とも100°C程度の温度を示していたものが、10分後にはBの位置が最高温度690°Cに達している。またCは15分で、Aは30分でそれぞれ最高温度に達し、その後はゆるやかに温度が降下してゆく。境界面

に一番近いBの場合には、温度降下の割合が早い。

鑄込後10分位で型ばらしを行なった結果、容易に上型、下型を分離することが可能であり、込められた砂も楽に崩壊する。これは先の高温試験の結果と良く一致している。又B部における境界面とその内部の砂層を高温試験における砂と比較した結果、境界面では白色となり2mm位の層の後は黒色、褐色と焼けた砂色が同じ状態で変化している。鑄込後60分位経過した後に型ばらしを行なうと、上型と下型が仲々分離しない。又込められた砂はハンマーで打撃を加えなければ破壊することが出来なかつた。又24時間後には上型、下型の分離が出来ず、製品を取り出すのに困難を感じた。写真8は第6図の木型を鑄込んだものでAは20分後Bは60分後に分離したものである。いづれも上述の砂色の変化がみられる。又写真9は第7図の木型を使用して造型し、ガス処理を終ったものである。

以上実際の鑄込試験の結果は先の残留強度試験結果と良く一致するものである。

IV. 古砂の回収

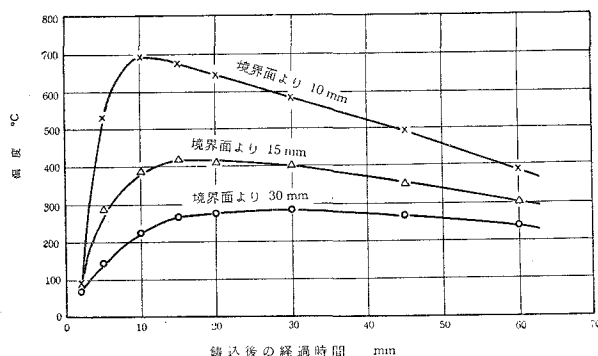
CO₂プロセスでは常にある量の水ガラスを添加する関係上珪砂は、1回毎にNa₂O分が増加することになる。Na₂O分が増加することは、砂の耐火度を低下させるため砂落しを悪くする。又このものは600°C以上で熱せられるとガラス化されて、水に不溶性のものとなつて砂を包囲することになる。このことから古砂の脱ソーダの効果をみるために水洗による方法で実験を行なつた。

1. 実験材料およびその方法

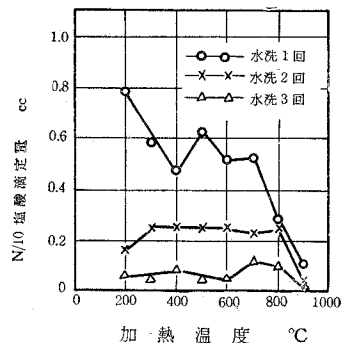
珪砂は高温試験で使用了ものを用い、これらよりそれぞれ8gr、温度別に採取し50±5°Cの蒸留水を200cc加えて、10分間放置した後その上澄液を採り、フェノルフタレンを指示薬としてN/10HClで滴定を行なつた。そして可溶性ソーダ分の量を測定することによりその水洗効果を試験した。

2. 実験結果および考察

中和滴定の結果を第9~11図に示した。200°Cより600

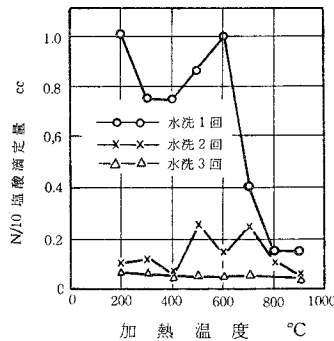


第8図 鑄型内温度分布

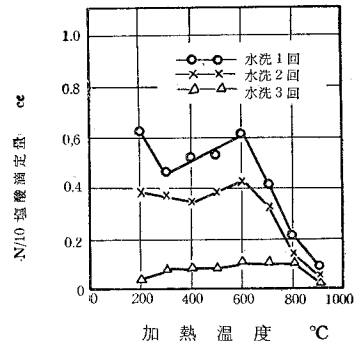


第9図 ガス処理時間5秒の場合

$^{\circ}\text{C}$ に加熱された砂では、水洗による効果が得られるが、 700°C 以上の温度ではあまりその効果が期待出来ない。これは 600°C 以上の加熱温度ではガラス化した状態にあるためと思われる。水洗回数を増すと、ガス処理時間 5 秒、10 秒では



第10図 ガス処理時間 10 秒の場合



第11図 ガス処理時間 20 秒の場合

急激に減少するが、ガス処理時間 20 秒では 2 回以後でなければ 5 秒、10 秒の場合のようにならない。ガス処理時間 5 秒、加熱温度 $200^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ の砂に対する水洗効果は約 44%，10 秒では約 51%，20 秒では約 40% となる。

以上のことから約 50°C の温水でかなりの水洗効果が得られるようである。更に水洗効果を上げるには水洗温度、浸漬時間、水洗方法等について検討をする必要があると思われる。

V. 結 言

以上の考察を要約すると次の通りである。

- 1) CO_2 プロセスに使用した珪砂は、 600°C 以上の高温度に加熱された場合の強度は、ガス処理時間の変化にかかわらず低くなり、 2 kg/cm^2 以下となる。
- 2) 残留強度は逆に 700°C 以上から急激に大きくなる。通気度は生型の場合と異なり、ガス処理時間、粘結剤添加量の影響を受けるようである。
- 3) 実際の鑄込試験結果と高温強度、残留強度試験結果がかなり良く一致しており、この結果から、崩壊性を良くするためには、高温強度を高くし残留強度を低下させることが必要である。
- 4) 古砂の回収については 50°C 程度の温水を使用し、3 回の洗滌で約 50% 程度のアルカリ分を分離出来る。

本研究を行なうにあたり、いろいろと御教示、御便宜を与えられた富士製鉄株式会社室蘭製鉄所工作課鑄造係長井上秀三氏、ならびに本学機械工学教室の諸教官に深甚なる感謝の意を表すると共に、実験に御援助を惜しまなかつた富士電機製造株式会社大浦義明君、岩井産業株式会社庄子脩雄君に感謝の意を表する次第である。

(昭和 35 年 5 月 19 日受理)

文 献

- 1), 4) 内藤正鄰, 菊地千之: 室工大研報 2, 561 (1957)
- 2) Williams, D. C.: Trans. AFA 54, 489 (1946)
- 3) Gruver, W. E.: Foundry 85, 106 (1957)