

拔萃

鑄物砂に就て

(The Foundry Trade Journal Vol. 26, No. 330)

溪山生

研究の目的 近時鑄物砂に關する多くの有名なる研究論文が種々の工業雜誌に發表せられ今日も尙ほその研究は續けられつゝあるが、その爲めに斯業の進歩發展に大に貢献せり。著者は冶金學者として非常なる興味を以て此問題の研究に身を委ねたり。今此處には只簡單に其要點を述べんとす、即ち二三の實驗によりて砂の混合物の性質に就て説明し又銑鑄物用砂と鋼鑄物用砂とは如何なる性質の差違あるかを記述せん

とす。銑鑄物は鋼鑄物の場合の如く温度高からざる故に氣孔、痘痕、熔着、收縮に基く瑕疵等の如き缺點を生ずること少し。それ故に銑及び鐵以外の金屬用の型砂は鋼鑄物には用ひるこ

と能はず。何故なれば十分なる耐火性なきため熔融鋼と接觸すれば高温度の爲めに熔融されて鋼の表面に熔着し又は銕鋼内に熔け入ることあればなり。
金屬製造法の砂に及ばず影響 種々なる鑄造物に對し適當に砂を混合する要點と其各鑄物が要求する特別なる性質に就きて會得することは甚だ必要なることなり。著者の意見は大部分は鋼鑄物製造に關するものにして異りし方法にて製造せ

し鋼は各獨特なる性質を有する故に鑄物砂もそれに適する特別なる性質のものを用ひざるべからざることを發見せり。トロペナウス轉爐にて製造せし鋼は熔着する傾向非常に大にして電氣爐製鋼は稍低く平爐製鋼は最も小なり。

疑もなく轉爐鋼の不利なる點は得らるゝ鋼が高温度にして含有瓦斯の作用甚しきにあり、多くの砂は銑鑄物用としては殆んど有効ならざるはなく又其他のものにしても既に良結果を得し色々の種類の砂を配合して用ふれば一層良好なるを得べし。

元素分析に依る成分 鑄物師は殆んど砂の成分に意を用ひざれども鑄型に用ひらるゝ色々なる砂の性質を表はす所の物理的性質の多くは直ちに其砂の成分に歸せしめ得べし。それ故に實際砂は如何なる現象を呈し又如何なる結果を來すやと云ふことに就きて十分了解し置くことは甚だ必要なることなり。

一般に知らるゝ如く砂は花崗岩が長年月の間に自然分解して形成せられしものにして三つの主なる成分よりなる。

石英 此れは硅酸又は純粹なる砂にして大さ形状一定せず角形又は圓形なるものあり。砂に對して耐火性を與ふ。

粘土 粘土はアルミニウムの酸化物と硅酸とが結合して硅酸アルミニウムを形成したるものにして又これに水酸化鐵を伴ふ。砂に粘結性を與ふ。

長石 此れは岩石の分解せざる部分にしてナトリウム。カリウム。及びアルミニウムの酸化物と石灰及びマグネシアを含み而して各々は硅酸と復硅酸鹽を形成す。これらは砂の耐火性を減じ熔融性を増す。

化學分析の結果は一般に次の如き成分に對し百分比にて表はさる。

灼減。硅酸 (SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3)、酸化鐵 (Fe_2O_3)、石灰 (CaO)、マグネシア (MgO)、アルカリ。(a) 酸化ナトリウム (Na_2O) 及び (b) 酸化加里 (K_2O)。

砂の硅素含有量高きものは常に耐火度高しとは断定されず寧ろアルミナと硅酸と結合して粘土を形成することあり。分析は耐火性を與ふる所の石英の形にあらざして硅酸の分量を示す。

又化學分析にて示さるるアルミナの量は砂の全粘結性を表はすものと誤信さるるが其多くは己に述べたる如く硅素、アルミナ、曹達、加里、石灰及びマグネシアが自然の割合に結合して長石を形成す。

鐵が水酸化物の形にてある時は水と膠質組織を形成して粘結性を増す。分析結果に依る酸化鐵の量は粘結性に對する影響は確定されず。何故なれば酸化鐵は實際粘結性なきものなるが酸化鐵が他の元素と膠質組織を形成する時にはその影響は大なり。砂中の量は五乃至六%位なり粘結劑としての影響は混合砂中の水分を含有する膠質酸化鐵の性質に基くと考へられ得、又粘土材料が十分なくともその爲めに沈泥シムトと共に強さを與ふ。

石灰及びマグネシアは熔融點低き故に鑄物の表面に砂が熔着することを避くる爲めに出來るだけ少くす。この結合物は一%までは許される。

ナトリウム及びカリウムの酸化物は同じ理由にて好まれず例へばマンズフィールド砂は二乃至三%の酸化カリウム (K_2O)

を含む故に鋼鑄物には不適當なり。

化學分析以外には砂の物理的性質を判斷すべき最も重要な方法は未だ認められざる故に、化學分析を注意深く吟味することは如何に重要なかよく了解せらるゝならん。

示性分析 (Rational Analysis) 示性分析は化學分析によりて

表はさるゝ色々なる元素の結合物の量を示す者なり。結合物が起る度合は存在する各成分の量に大に關係す。所謂示性分析とは次の二つの方法に歸せしむることを得。

(一) 元素分析より計算して求むるもの。

(二) 色々なる經驗によるもの。

己に述べし如く元素分析は確に別々に砂の各元素の全量を與ふるが然し結合物に對しては何等與へず。今次の如き成分を有する北ヨークシャー黄色鑄物砂の例をとれば次の如き成分を有す。

硅酸の 〇・八九、三二、アルミナ (Al_2O_3) 六・〇九、酸化鐵 (Fe_2O_3) 一・九四、石灰 (CaO) 〇・三五、マグネシア (MgO) 〇・一七、酸化ナトリウム (Na_2O) 〇・五七、酸化カリウム (K_2O) 〇・三四、水分 一・八〇。

上述の如き加里、曹達及び石灰は多分分解せざる長石にして次の如き組合はせにて存在するならん。(一) $\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$ (二) $\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$ (三) $\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$

原子量を用ひて計算すれば ($\text{K} = 39, \text{O} = 16, \text{Al} = 27, \text{Si} = 28$ 即ち水素の一原子量の重さと比較したる各元素の一原子量の重さなり) 化合物(一)は次の如き比例の重さを有するならん

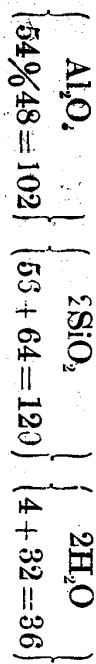
$\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2, 78 + 16 = 94, 54 + 48 = 102, 56 + 64 = 120,$ これは九四分の K_2O は一〇二分の Al_2O_3 と結合することを

意味する故に分析によりて見出されたる〇、三四分は次の如く Al_2O_3 と結合す。

$$\frac{102 \times 0.34}{94} = 0.37\% \text{Al}_2\text{O}_3$$

同様に〇、五七%の Na_2O は〇、九三%の Al_2O_3 を要し又〇、三五%の CaO は〇、六三%の Al_2O_3 を要す。それ故にナトリウム、カリウム及び石灰に對し長石を造る可き必要なるアルミナと硅酸とを分配すれば四、一六%の Al_2O_3 は結合せずして粘結性として働くことを知る。

この四、一六%は粘土として存在し又殆ど次の如き成分を有す。



再び原子量を用ふれば Al_2O_3 の一〇二分は SiO_2 の一二〇分を要することを見出す。四、一六分の Al_2O_3 は次の如く四、九%の硅酸を要す。

$$\frac{120 \times 4.16}{102} = 4.9\% \text{SiO}_2$$

斯くして四、九〇%の硅酸は純粘土（又はカオリン）を形成すべき遊離せるアルミナの四、一六%と結合す。

さて長石は次の如く硅酸と結合す。

$$\text{K}_2\text{O} \quad 0.34\% \times 1.085 = 0.37.$$

$$\text{Na}_2\text{O} \quad 0.37\% \times 1.935 = 1.10.$$

$$\text{CaO} \quad 0.35\% \times 2.143 = 0.75.$$

$$\text{MgO} \quad 0.17\% \times 3.000 = 0.51.$$

$$2.73.$$

それ故に硅酸はアルミナ及び長石と結合する爲めに $2.73 + 2.73 = 7.63\%$ を要す。この量を分析によりて見出されたる硅酸より減ずれば $89.31 - 7.63 = 81.68\%$ なり。この量が石英にして耐火性として働くなり。

さて粘土を形成する爲めには二分子の水を要す即ち同様に計算すれば一〇二分の Al_2O_3 は二六分の水分を要す。四、一六分の Al_2O_3 は $\frac{36 \times 4.16}{102} = 1.46$ 分の水を要す。

分析によりて示されたる量より減ずれば $1.8 - 1.46 = 0.34$ は酸化鐵と結合するものなり。それ故にこの分析は次の如きものを含む粘結劑たる粘土なることを示す。

$4.90\% \text{SiO}_2$, $4.16\% \text{Al}_2\text{O}_3$, $\sim 1.46\%$ の水は 10.52% の粘結劑たる全粘土を形成す。斯くの如くして砂の示性分析は次の如くなる。

$$81.68 \text{ 石英}, 10.52 \text{ 粘土}, 2.28 \text{ 水酸化鐵}, 6.09 \text{ 長石}$$

此等の條目が鑄物師に對して有用なるものにしてこれ以上の計算は必要なし。

石英の百分比は直ちに殆んど硅酸含有量の近似値を示す。石英は耐火性に致命的影響を及ぼす故にこの形成は鋼鑄物の爲めの砂を選ぶには甚だ價値あるものなり。高熱に抵抗すべき性質を與ふる所のものは砂中の硅酸又は石英の量に基く。粘土は粘結劑の吸収性を利用してその量を決定するを得、然し注意すれば示性分析の結果によりて満足なる判断を下すことを得るなり。

砂の價値を決定する直接法

シユルツ氏は計算によりて見出したる石英と粘土の分量の近似値を見出すに器械を用ひた

り。先づ或量の砂の重さを計りそれを圓錐形の容器に入れ水を溢るる迄入るゝ時は純粹なる砂は底に沈み只粘土と砂の細粉の一部分のみ洗ひ去る。この漏斗形のものが週期的に攪拌棒にて攪拌さるゝ時は五〇瓦の砂を完全に洗ふには三時間位を要す。斯くして注意深く洗ひし沈澱を乾燥して重さを計れば存在する硅酸の近似値を得らるべし。

又重量法を用ひずに砂中の成分の割合を定むる他の簡單なる試験は一方を閉塞せる目盛を施せる五〇〇〇の圓筒に半分位砂を充たし五〇〇〇〇の目盛まで水を充たし而して總べての塊が壞れるまで振盪し夫れより靜に安置すれば重い砂粒は底に沈み粘土の分解したる泥よりなるものは上に行くに従つて次第に細く輕きものの層をなし最上部は遂に清水となる。

耐火性 石英の分量を増せば高温度に抵抗する力大となる鋼鑄物に對しては十分なる耐火性ある可きことは已に述べしが換言すれば鋼鑄物用砂は銑及び鐵以外の金屬鑄物用砂よりも石英の含有量多からざる可らず。

次の表は銑及び鋼鑄物用砂の化學分析を示す。

第一表 銑鑄物に適する成分

材料	小鑄物用	中鑄物用	大鑄物用
硅酸	八二、〇	八五、〇	八八、〇
アルミナ	九、〇	八、〇	六、五
酸化鐵	四、〇	二、五	二、〇
石灰	〇、五	〇、五	〇、五
マグネシア	〇、五	〇、五	〇、五
曹達	〇、五	〇、五	〇、五
加里	〇、五	〇、五	〇、五

出來る丈け少く
〇、五%以下たるべし

示性分析

石 英	七三、三	七五、五
粘土(粘結劑)	一七、一	一五、〇
石	五、一	六、六

第二表 鋼鑄物に適する成分

材料	小及び中鑄物用	大鑄物用
硅酸	八九、三〇	九二、八〇
アルミナ	六、一七	三、九二
酸化鐵	二、二三	二、四八
石灰	〇、九八	〇、五〇
マグネシア	〇、五〇	〇、五〇
曹達	〇、五〇	〇、五〇
加里	〇、五〇	〇、五〇
示性分析	八二、一〇	八八、四〇
石 英	一一、一〇	八、六〇
粘土(粘結劑)	四、八〇	三、二〇

有害なる鹽類 鹽類の存在は非常に有害なり。ナトリウムのは如きは非常に熔融し易き硅酸鹽を形成す。それ故に海砂は豫め洗はざれば鑄物用に適せず。如何なる型砂にも缺く可らざる性質なる耐火度は金屬の種類及び鑄型の種類(生型、表面乾燥型又は乾燥型)に従ひて考慮せざる可らず。

塗布材料 之は鑄物の表面を圓滑にし又冷却後鑄物面より容易に除去し得べき材料にして黒鉛の如き砂の耐火度を増す可きものたるべし。

膚砂 鑄造工場に於ては實際二つの種類の膚砂を用ひらる一つは特別に調製したるもの、他の一つは一度鑄型に用ひし古砂に新砂を混じたるものなり。一般に型砂の性質を良好に

し又熔融金屬の爲めに影響せられず而して別に他の材料を調合する必要なき天然産の良好なる膚砂あるべしと考へらる。

銑鑄物に於て膚砂に瓦斯の豊富なる末石炭を加ふることは未だ學理上は一定の説なきも實際上にては砂の一〇に對し石炭一の割合に調合せしものは金屬に少しも熔着せず又金屬中に瓦斯の吸収せらるゝことも殆んどなし。この現象は膚砂が熔融金屬と接觸して粉末石炭より發生したる瓦斯が鑄型と熔融金屬との間に空氣パネの如き作用をなして砂の侵蝕さるゝことを防ぐものなり。

斯く用ひらるゝ石炭は熔融金屬の爲めに分解せらるゝ故に硫黃と灰分少く揮發分多きものたるべし。灰分は一〇%以下にして揮發分は少くとも三五%なからざる可らず、石炭の他の性質は細末の程度にして砂の種類によりて其の程度を變ぜざる可らず。小鑄物にて良結果を得るには非常に細きものを要し中及び大鑄物に對しては稍粗粒を用ふれば鑄型の通氣性を助く。

一般に石炭は膚砂によく用ひらるゝが其の量多きに過ぐる時は却て惡結果を來たす。其割合は小鑄物には砂一七分に對し石炭一分、大鑄物には砂八分に對し石炭一分を用ふ。

黒鉛塗料 金屬に接觸する塗布劑の第一の勤めは鑄物の表面を圓滑ならしむるにあり。黒鉛は脂肪性多く片狀組織にして耐火性高き爲め表面を被覆するには非常に適當なり。然し工業用としては價を安くし且つ同様なる良結果を得る爲め他の材料を添加す。この目的の爲めには滑石、骸炭、石炭又は無烟炭を用ふ。

總べての良塗布材は多少黒鉛を含有せり。その量多ければ

生型、ローム型何れも鑄物が鑄型より離脱し易し然し金屬の厚さ、金屬の流動すべき温度及び鑄物の大きさ形狀に十分注意せざるべからず。

小鑄物に對しては黒鉛は非常によき結果を與ふ。然し鑄物が重く又厚くなれば塗布材は金屬の壓力に抵抗し又鑄造温度にもよく抵抗すべきものたるべし。

この目的の爲めに各鑄物によりて異り色々なる材料を加ふ。大鑄物に對しては黒鉛と鑄物質塗布材が同量に用ひらる。然し高温度の金屬が流入すべき湯道の周圍には耐火粘土又は他の耐火材料を加ふ。製造者と鑄造者との兩方が満足すべき黒鉛と鑄物塗布材の適當なるものを望まらる。黒鉛は一〇〇%の炭素と灰分の極少量を含むものより炭素六〇%と灰分四〇%のものまで種々あり。

鑄物質塗布材 滑石は多分鑄物質塗布材としては最もよく知られたるものならん。その名稱は軟滑なる感を與ふる故なり。マグネシアの硫酸鹽の形にてマグネシアの多量を含む。然しこの材料は其中に鑄物質の化合物が含有せられ高温度に對しては熔融し易き故に大鑄物には不適當なるが薄き鑄物には満足なる結果を與ふ。

染料吸收試験 他の重要な點は粘土質が多ければ砂は強靱となる。然し通氣性は石英粒間の孔を閉塞する故に次第に減じ來る。粘結力の試験は非常に簡單なる方法あり、粘結性多き粘土は其少きものよりも染料を吸收する力大なり。又これは粘結力を決定す可き基礎として用ひらる。アニリン染料を水に溶し一定量を取り又試験す可き砂の量を計り兩者が十分混合するまで長く攪拌したる後靜かに安置し上部に澄みた

る液が残るまで静止せしむ、その液が稀薄なれば吸收力大にして粘結力大なり。豫め準備せる染料の標準液と比較して其粘結力の價値を定むるなり。

型砂の強度 これは粘結劑なる粘土が石英粒と結合する程度を意味するものにして其の互に親しく結合する程度によりて其の砂の強度異なるべし。人造物にても天然物にても有効なる粘結劑は膠質狀をなす。或者は赫石砂又は赤砂として知られたる酸化鐵の少量を含む砂よりなる。酸化鐵は膠質狀にして石英粒に粘着すべき能力大なり。

型砂を調合すべき水分は砂粒を被覆し各砂粒を互に粘結せしめて粘土の粘結性を助く。生型及び表面乾燥型用の砂に對する水分は四乃至五%位なり。

硅酸粒と粘土とを碎きてよく調合すれば甚しく強度を増す著者の經驗によれば天然的に粘結性を有する砂は硅砂に耐火粘土を加へしものよりも質均等にして強度大なり。

砂の強度の概略を知らんが爲めに鑄造者は調合したる砂を手にて荒く握り固めて球となし其塊を碎きて試験す。この方法は簡單にして甚だ興味あるものなり。

機械的分類 熔融金屬を鑄造する場合に若し發生したる瓦斯が鑄型外に逃出すること能はざれば凝固金屬中に閉塞されて氣孔を生ずべし。それ故に鑄型砂は此等の瓦斯を十分導き出すやう多孔質ならざる可らず。この故に砂の機械的組織即ち砂粒の大きさの研究は甚だ重大なり。

一組の或定まれる大きさの網目を有する幾何かの篩を用ひて等級を定む。砂は篩を通す前乾燥するなり。斯くして得られたるものは次の如く分類さる。

理想的砂は大きさ均等にして圓形なるものたるべし。細粒のものは角形にても圓形にても粗粒間に包まれ通氣性を減ぜしむ。

前に計算したる如き示性分析を有する黄色鑄物砂の機械的分析は次の如きものなり。

粗砂	中粒	細砂	全砂粒
> 0.5mm	> 0.25	> 0.1	> 0.1
< 0.05	< 0.10	< 0.01	< 0.25
< 0.10	< 0.05	< 0.01	< 0.1mm
粗砂	中粒	細砂	全砂粒
> 1mm	> 0.5mm	> 0.25	> 0.1
< 1mm	< 1mm	< 0.150	< 0.25
	0.5%	1.5%	74.3%

前述の示性分析の爲めに與へし標準に従へば此の砂は大形銑鑄物用としては適當なるものなりき。然るに機械的分類の結果は不適當なることを示す。何故なれば細粒多き砂は鐵以外の金屬にのみ適切なればなり。

ポスウエル博士は彼の耐火材料に關する有名なる書籍中に天然産の粘結性ある砂の等級を定むるに化學成分に依る時は色々なる元素の増減に伴ひて異なるものにして一定せず。又沈泥と粘土の量が増す時は硅酸の量は規則正しく減少し他の成分殊にアルミナと酸化鐵は増加すと述べたり。

要するに機械的分類をなせば如何なる仕事に適當なる砂なりや正しき判断を下すことを得。化學、示性及び機械的の各分析の結果を總合すれば確に砂の性質とその用途とを了解し得べし。

(完)