

富なることを知り、之に適當なる資本を投じ、天下の知識を集め接近したる多數の鑛區を一手に纏め中央的に是が選鑛及製煉を行ふことが出來たならば、恐くは日本は世界一の水鉛産國にならうと思ふのである。金、銀、銅、鐵、鉛、亞鉛等の如き普通の金屬、又は石炭、石油、硫黃、燐鑛等の鑛物に於ては、如何に吾々が焦つても、腕いても、其産額に於て迎も世界一になることは出來ない、然れどもモリブテンとタングステンとの二金屬に於ては、地質が既に其豊富なることを證明して居る、せめては此稀金屬に於てなりとも日本は外國以上に出て、それで國威を世界に輝したいと思ふのであります、其成功は全く資本家の努力、即ち此處に御列席の諸君の手腕に頼る外はないのである、どうか速に日本國をして此目的を達するやう御盡力あらんことを諸君に切望する次第であります。(拍手)

鑄物と砂の溫度に關する實驗

大河内正敏

機械工業に關する一般の問題の中で、最熟練を要し經驗に待たなければならぬ物を求むるならば、何人も鑄物と答へるに躊躇しない事と考へる。嚴密な基礎の上に置かれた科學が、十分に其應用の途を見出し得ないで、只管熟練にのみ依頼して理論方面の研究が發展して行かないと云ふ事は、如何にも残念な次第で、工業を進歩發達せしむる途でないのである。從來鑄物に關して科學的研究が試みられた事項を辿つて見ると殆凡てが科學の方面に限られて居て、機械的或は物理的研究は甚少

い様に思はれる。併し著者は、從來鑄物と云ふ問題に對して餘り注意を拂つて居なかつたから、例を擧げて何の程度に迄、鑄物に關する物理的研究が進んで居るかを明示する事が出来ない、若し此點に關し教示を仰ぐ事が出来れば幸甚である。而して鑄物に關連した問題を見ると、化學方面の研究は無論大に必要であるが、物理方面の問題が決して少くないと信ずるのである。是等の問題が鮮明に解決されない間は、機械工業の中でも鑄物だけは殆んど別物にされて、其改良進歩は全く職工の技工熟練にのみ依頼しなければならぬと云ふ状態である。併し其解決は決して容易でない、種々の困難が横はつて居る。特に設備等の關係から實地工業との共同研究が行はれない以上は、不可能の問題が多い、例へば鑄型に注入された湯の各處に於ける冷却の模様、或は湯の流れ加減と鑄型との關係、鑄物砂の熱傳導率、鑄物の中のシグリゲーション、或はブローホルの成生に關する物理的研究、鑄物の中に存在する内力、湯の流動性若しくはビスコシチー等數へ來れば枚擧に違ない位多くの問題の研究實驗が外國でも未だ着手されて居ないのである。

著者は以上の様な考へから本論の如きものでも先づ發表して、而して専門大家の批判を仰ぎ助言を乞ふて今後の方針を定め度いと考へたのである。若し萬々一本論が讀者諸君の参考ともなる事があれば、著者に取りては寧ろ望外の光榮である。

一 實驗裝置

幅及長さ各三十三糎、深さ二十一糎、皆内のりの鑄型用の木箱を作り、其中に通常の鑄物砂を盛り、其中央に直徑七糎一、高さ十五糎七の内筒を其半分迄突込み、砂を突き堅めて後抜き去る、即四角の箱の中央に圓筒の鑄型を作り、其中に湯を注ぎ込み、筒を鑄るのである、勿論銑鐵或は眞鍮其他の鑄物の實驗を試み度いのであるが、造兵學實驗室には爐の設備がない爲めに溶解點の高い金屬の鑄物を作る事が出来ない、甚殘念ながら先實驗の第一着手として鉛を選んだ。若し其他の金屬を溶解し得る爐

と設備とを提供して、鑄物に關する物理的の共同研究を許される人士があれば、著者は喜んで其研究に従事し度いと云ふ希望を持つて居る。

以上の如き設備をして置いて、諸實驗の目的は注ぎ込んだ湯が時間の經るに従つて如何に冷却して行くか、夫れに伴つて砂の熱せられる温度を測定するのである。此場合鑄物の側に殆ど接して居る砂(即鑄型の表面にある砂)は湯が注ぎ込まれると同時に温度は非常の早さで上昇するが、湯から距離る程其昇り方は緩やかになると云ふ事は明であるから、鑄型に近い處は熱の容量の極めて少い寒暖計を用ひなければ、夫れの指示する温度は始終遅れ勝ちになる恐れがある。故に鑄物に最近の處(五耗乃至七耗)の温度計には、直徑 ϕ 、 ϕ 一耗の極細い銀とコンスタンの線でサルモカブルを作り、極細い硝子管で絶縁して夫れを砂の表面から四厘の深さ迄挿入した、即丁度鑄物の中心と同じ高さの處にサルモカブルの接續線がある事になるのである、而して其一方の端は氷で常に不變の温度に置き、更にジーマンのダルソンバル式電流計の慣性能率の極めて少い物に連結した。

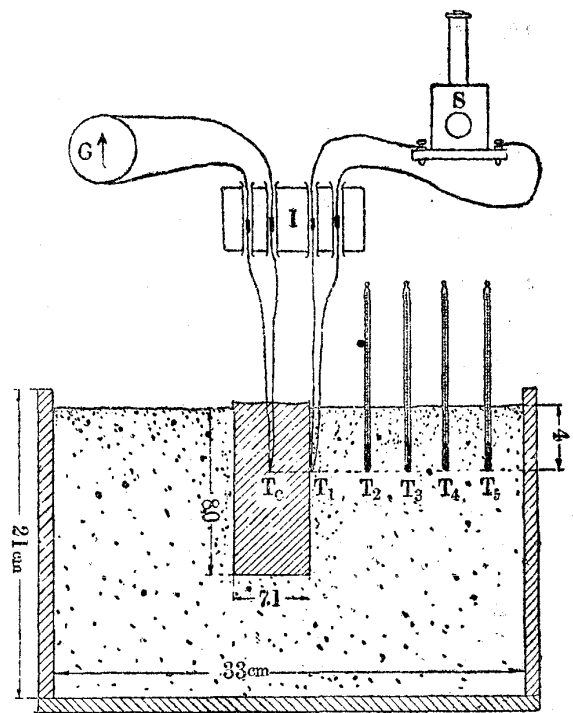
第二の温度計は第一のものから一厘以上距して砂中に挿入すると、温度の上昇は甚だ緩慢であるから普通の水銀寒暖計を用ひた、以下第五迄凡て同様に水銀寒暖計を用ひた。

注入された湯の温度、及其冷却の模様を知る爲めに、矢張り第一の温度計の様に、銀とコンスタンの極細線を硝子管中に入れて湯との直接接觸を避け其兩端をハルトマンの指針電流計に接觸して測定した故に毎回湯が固まる度に電流計は其中に鑄込まれるから後に又溶解して抜き出さなければならぬ。

今是等の装置を簡單に圖に示すと第一圖の様になる。

第一回の實驗では温度計 T_0 は側らに近く、砂と八耗位に距して置き、 T_1 は側から七耗、 T_2 は T_1 より十耗、 T_3 は T_2 より十耗、以下 T_5 迄各十耗の距離で寒暖計を立て、置き、鉛を鍋の中に溶融して攝氏三百

第一圖



鑄型に用ひた砂は、普通の鑄物用の川砂で、其濕度は、全然乾燥せるものゝ中に砂の重さの一割の水を加へた程度である。此濕度で鑄型を作り直に湯を注入するから型の面の處が乾燥する暇なく、濕つた面に湯が直接接觸する事になる。

二 實驗の結果と綜合

第一回の實驗は湯を注入した時を基準とし、夫れから二十秒毎に六箇の溫度計で同時に溫度を測定した。數回の後には三十秒、次ぎは四十秒、最後には百八十秒毎に測定した。但し各溫度計は豫め純粹亞鉛、鉛及硫黃の熔融點と、基本水銀寒暖計を油煎にして、各調整及修正をして置く、測定の結果は次の表に示す通りである。

八十五度迄熱し、夫れを急に鑄型に注ぎ込み其時から二十秒毎に、凡ての溫度計の溫度を同時に測定した。

次ぎの實驗では、 T_0 を鑄型の中央に置き、 T_1 は側から五耗、 T_2 は十八耗五、 T_3 は三十耗、 T_4 は四十耗、 T_5 は五十耗、夫れ々々次ぎ次ぎに距して立て、溫度の測定は第一回の時と同様である。

第三回は T_0 の位置を第二回と同じくし、 T_1 を側から十耗距し、以下夫れ夫れ十耗づゝの距離に距して立たのである。

実験第一

| 時間 | T _c | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 秒 | °C | °C | °C | °C | °C | °C |
| 0 | 16 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 20 | 358 | 19,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 40 | 358 | 80,5 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 60 | 358 | 91,5 | 17,7 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 80 | 358 | 95,5 | 22,0 | 16,2 | 16,0 | 16,0 |
| 100 | 358 | 96,2 | 29,2 | 17,2 | 16,0 | 16,0 |
| 120 | 358 | 96,5 | 36,8 | 19,0 | 16,0 | 16,0 |
| 140 | 358 | 97,0 | 43,0 | 21,0 | 16,0 | 16,0 |
| 160 | 354 | 98,0 | 49,5 | 24,0 | 16,4 | 16,0 |
| 180 | 352 | 99,5 | 54,0 | 27,0 | 16,8 | 16,2 |
| 200 | 350 | 103,0 | 59,0 | 30,0 | 17,2 | 16,4 |
| 230 | 344 | 109,5 | 64,2 | 34,5 | 18,2 | 16,5 |
| 260 | 334 | 115,0 | 68,0 | 38,5 | 19,8 | 16,8 |
| 290 | 321 | 120,0 | 70,7 | 41,0 | 21,3 | 17,0 |
| 320 | 305 | 124,0 | 73,0 | 45,0 | 22,0 | 17,5 |
| 350 | 290 | 126,3 | 74,2 | 47,5 | 24,0 | 18,0 |
| 390 | 272 | 127,3 | 75,0 | 50,0 | 27,0 | 19,2 |
| 430 | 258 | 127,0 | 76,0 | 52,5 | 29,5 | 20,0 |
| 470 | 244 | 126,0 | 76,0 | 54,0 | 31,5 | 21,5 |
| 510 | 233 | 124,0 | 75,8 | 55,0 | 33,0 | 22,5 |
| 550 | 221 | 122,0 | 75,7 | 56,0 | 35,0 | 23,7 |
| 590 | 210 | 120,0 | 75,4 | 57,0 | 36,3 | 24,8 |
| 640 | 200 | 118,0 | 74,1 | 57,0 | 37,9 | 26,0 |
| 690 | 188 | 114,7 | 73,0 | 57,0 | 39,0 | 27,5 |
| 740 | 180 | 112,5 | 72,5 | 57,5 | 40,0 | 28,5 |
| 790 | 172 | 109,5 | 71,2 | 57,0 | 40,8 | 29,3 |
| 840 | 164 | 106,5 | 70,3 | 57,0 | 41,5 | 30,2 |
| 890 | 158 | 104,0 | 69,7 | 57,0 | 42,0 | 31,0 |
| 940 | 150 | 100,0 | 68,7 | 56,5 | 42,5 | 32,0 |
| 990 | 144 | 99,0 | 67,8 | 56,2 | 43,0 | 32,5 |
| 1040 | 140 | 95,8 | 66,5 | 55,5 | 43,2 | 33,5 |
| 1090 | 132 | 92,0 | 65,4 | 55,0 | 43,5 | 34,0 |
| 1210 | 121 | 88,3 | 63,3 | 54,0 | 43,5 | 34,5 |
| 1330 | 110 | 82,5 | 61,5 | 53,0 | 43,2 | 35,0 |
| 1450 | 100 | 77,0 | 58,6 | 51,2 | 42,8 | 35,2 |
| 1570 | 94 | 73,0 | 57,0 | 50,0 | 42,5 | 35,5 |
| 1690 | 89 | 70,6 | 55,3 | 49,0 | 42,0 | 35,5 |
| 1870 | 82 | 65,8 | 52,9 | 47,3 | 41,0 | 35,2 |
| 2050 | 55 | 62,0 | 51,0 | 46,0 | 40,0 | 35,0 |

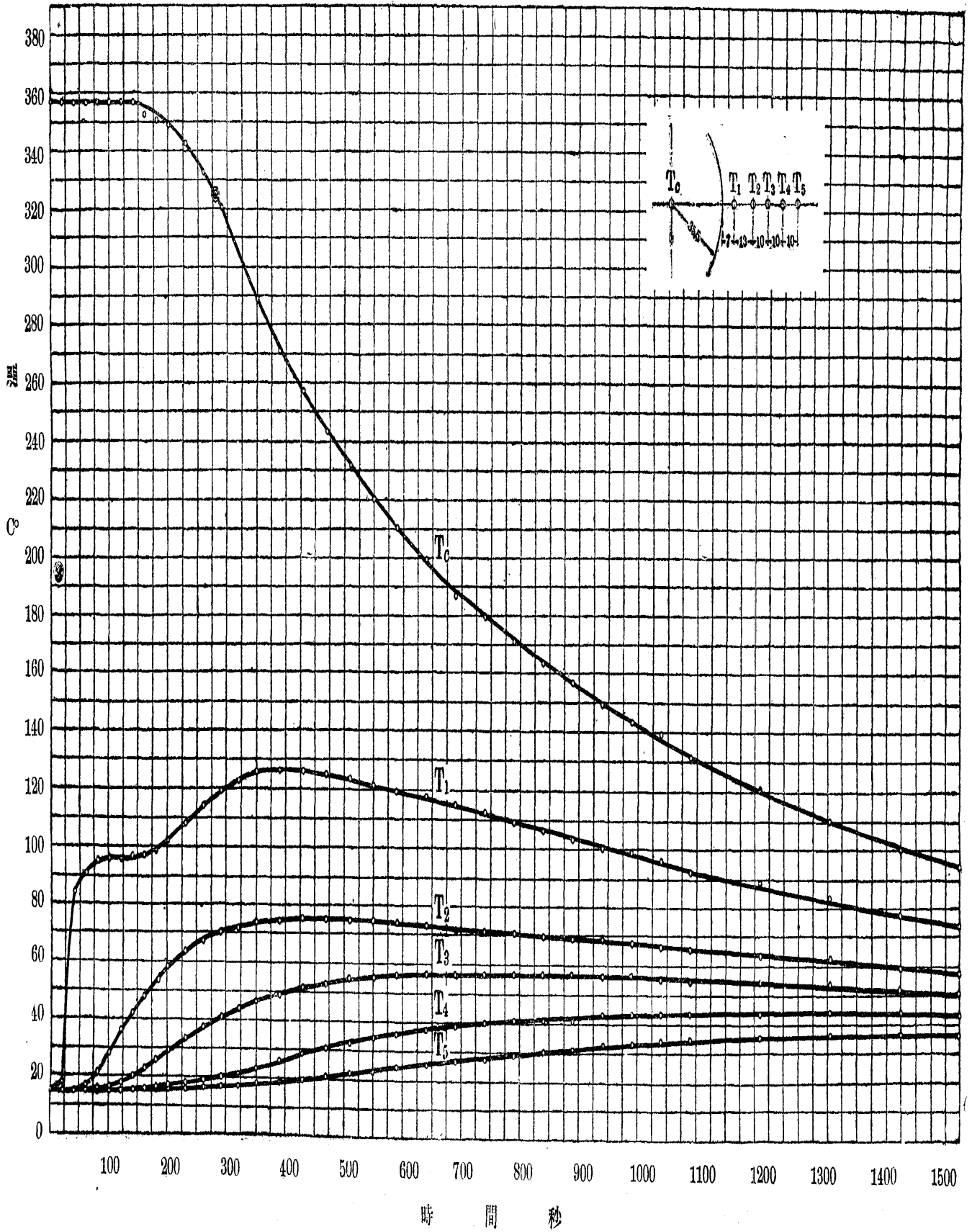
實驗 第二

| 時間 | T _c | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 秒 | C° | C° | C° | C° | C° | C° |
| 0 | 350 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 |
| 20 | 350 | 74,0 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 |
| 40 | 350 | 93,5 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 |
| 60 | 350 | 104,0 | 17,0 | 16,8 | 16,8 | 16,8 |
| 80 | 350 | 107,0 | 27,6 | 17,3 | 16,8 | 16,8 |
| 100 | 350 | 112,5 | 34,6 | 17,8 | 16,8 | 16,8 |
| 120 | 350 | 118,0 | 41,4 | 19,0 | 16,8 | 16,8 |
| 140 | 350 | 127,0 | 47,3 | 20,8 | 17,0 | 16,8 |
| 160 | 340 | 127,0 | 52,5 | 23,1 | 17,0 | 16,8 |
| 180 | 342 | 146,5 | 57,1 | 25,8 | 17,3 | 16,8 |
| 200 | 336 | 155,0 | 60,8 | 28,3 | 18,0 | 17,0 |
| 220 | 332 | 160,0 | 63,3 | 30,3 | 18,2 | 17,0 |
| 240 | 320 | 164,0 | 66,0 | 32,8 | 19,0 | 17,2 |
| 260 | 312 | 167,0 | 68,5 | 35,3 | 20,0 | 17,5 |
| 290 | 295 | 167,5 | 70,6 | 38,3 | 20,5 | 18,0 |
| 320 | 280 | 166,5 | 71,4 | 40,3 | 22,0 | 18,9 |
| 350 | 268 | 164,0 | 72,6 | 42,8 | 24,2 | 19,4 |
| 380 | 258 | 161,5 | 72,8 | 44,3 | 26,0 | 20,2 |
| 420 | 242 | 157,5 | 73,0 | 46,3 | 28,0 | 21,5 |
| 460 | 232 | 154,0 | 73,5 | 48,3 | 30,0 | 22,6 |
| 500 | 222 | 148,0 | 73,0 | 49,3 | 31,5 | 24,0 |
| 540 | 212 | 143,5 | 72,7 | 50,3 | 33,0 | 25,0 |
| 580 | 202 | 139,5 | 72,0 | 50,8 | 34,0 | 26,0 |
| 620 | 192 | 135,5 | 71,3 | 51,3 | 35,0 | 27,0 |
| 660 | 184 | 132,0 | 71,3 | 51,8 | 36,0 | 28,0 |
| 710 | 178 | 128,5 | 69,8 | 51,8 | 37,0 | 39,0 |
| 760 | 166 | 124,0 | 68,9 | 52,1 | 38,0 | 30,0 |
| 810 | 160 | 120,5 | 68,3 | 52,8 | 38,5 | 31,0 |
| 860 | 152 | 117,5 | 67,0 | 51,8 | 39,0 | 32,0 |
| 910 | 148 | 114,0 | 66,3 | 51,8 | 39,2 | 32,5 |
| 960 | 141 | 111,0 | 65,4 | 51,5 | 39,8 | 33,0 |
| 1010 | 135 | 107,5 | 64,4 | 51,3 | 40,0 | 33,5 |
| 1060 | 131 | 105,0 | 63,8 | 51,3 | 40,0 | 34,0 |
| 1120 | 122 | 100,0 | 61,9 | 50,3 | 40,0 | 34,5 |
| 1180 | 117 | 97,5 | 61,3 | 40,3 | 40,2 | 35,0 |
| 1240 | 112 | 95,0 | 60,4 | 49,8 | 40,0 | 35,2 |
| 1300 | 108 | 92,5 | 59,6 | 49,3 | 40,2 | 35,0 |
| 1360 | 105 | 89,5 | 58,5 | 48,8 | 40,0 | 35,3 |
| 1420 | 100 | 87,0 | 57,2 | 48,3 | 40,0 | 35,2 |
| 1480 | 82 | 84,0 | 55,5 | 47,8 | 39,8 | 35,0 |

実験 第三

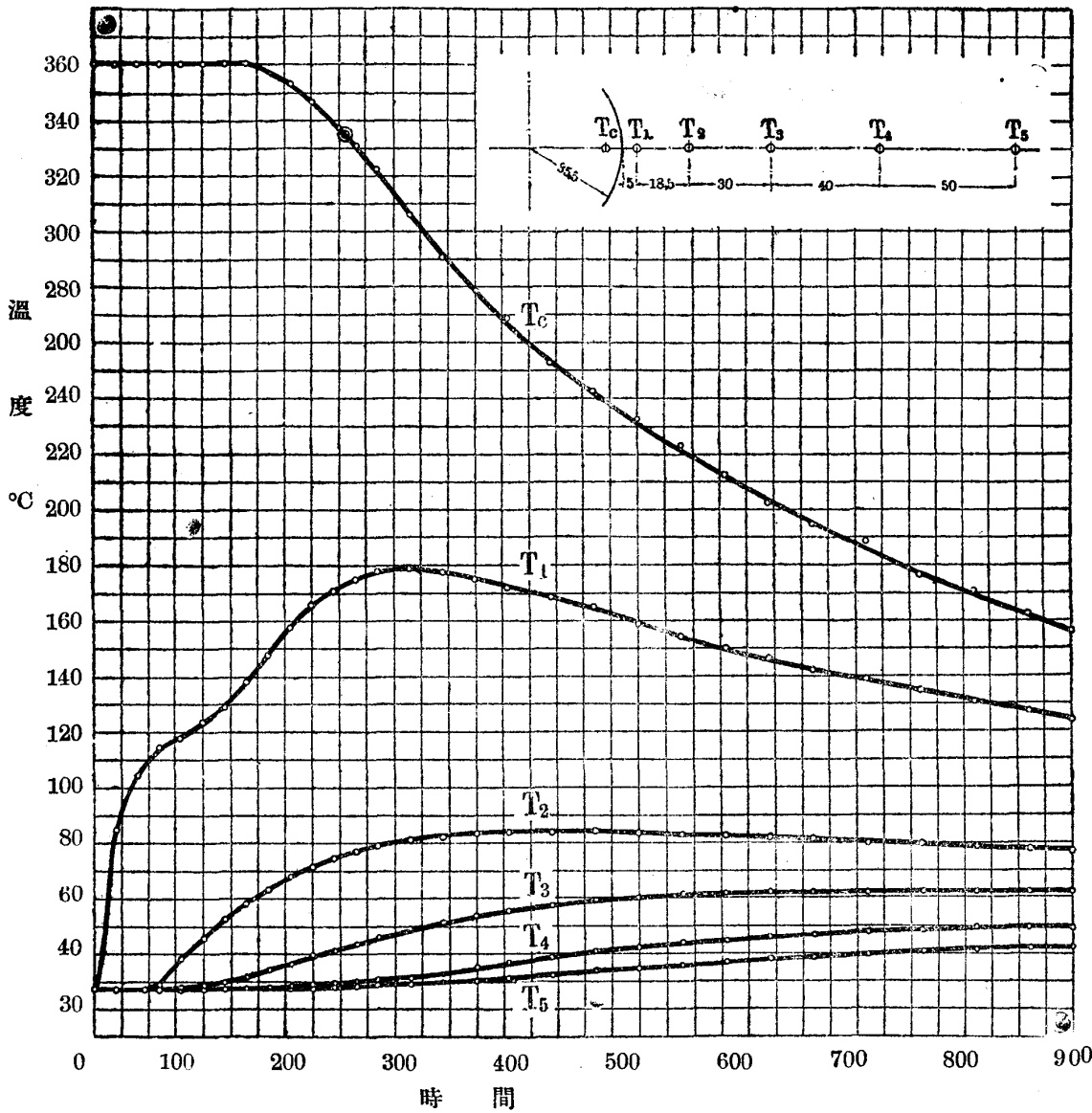
| 時間 | T _c | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 秒 | °C | °C | °C | °C | °C | °C |
| 0 | 356 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 10 | 356 | 22,5 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 20 | 356 | 37,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 30 | 350 | 40,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 40 | 350 | 41,0 | 14,5 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 50 | 350 | — | 15,5 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 60 | 350 | 58,5 | 16,8 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| 70 | 350 | 59,0 | 18,7 | 14,2 | 14,0 | 14,0 |
| 80 | 350 | 76,5 | 20,4 | 14,4 | 14,0 | 14,0 |
| 90 | 350 | — | 22,6 | 14,6 | 14,0 | 14,0 |
| 100 | 350 | 81,0 | 25,7 | 15,2 | 14,0 | 14,0 |
| 110 | 350 | 84,0 | 28,3 | 15,8 | 14,0 | 14,0 |
| 120 | 354 | 86,0 | 30,8 | 16,3 | 14,0 | 14,0 |
| 130 | 353 | 88,0 | 33,3 | 16,8 | 14,0 | 14,0 |
| 140 | 354 | 88,0 | 35,5 | 17,5 | 14,2 | 14,0 |
| 150 | 354 | 89,0 | 37,7 | 18,2 | 14,3 | 14,0 |
| 160 | 355 | 90,0 | 40,0 | 19,0 | 14,5 | 14,0 |
| 170 | 356 | 90,0 | 42,5 | 20,5 | 14,6 | 14,0 |
| 190 | 350 | 90,5 | 45,5 | 23,0 | 15,0 | 14,0 |
| 210 | 346 | 93,0 | 46,7 | 24,0 | 15,6 | 14,0 |
| 230 | 340 | 92,0 | 49,5 | 26,0 | 16,1 | 14,0 |
| 250 | 325 | 92,0 | 52,0 | 28,0 | 16,5 | 14,0 |
| 270 | 300 | 92,0 | 55,0 | 31,0 | 17,5 | 14,2 |
| 290 | 396 | 91,5 | 57,0 | 33,0 | 18,0 | 14,3 |
| 310 | 280 | 90,5 | 57,5 | 34,0 | 19,0 | 14,5 |
| 330 | 268 | 90,0 | 38,5 | 36,0 | 20,0 | 14,8 |
| 350 | 258 | 89,7 | 60,0 | 38,0 | 22,0 | 15,0 |
| 370 | 252 | 89,5 | — | — | 23,6 | 16,0 |
| 400 | 242 | 88,5 | — | — | 24,5 | 16,0 |
| 430 | 232 | 88,0 | 61,5 | 42,0 | 25,0 | 16,0 |
| 460 | 220 | 86,5 | 62,0 | 43,0 | 26,0 | 16,4 |
| 490 | 210 | 86,0 | 61,0 | 43,0 | 27,5 | 17,0 |
| 520 | 200 | 84,5 | 61,0 | 44,0 | 30,0 | 17,7 |
| 550 | 186 | 83,0 | 51,5 | 36,0 | 31,0 | 19,2 |

第一圖實驗第二



二 第 驗 實 圖 三 第

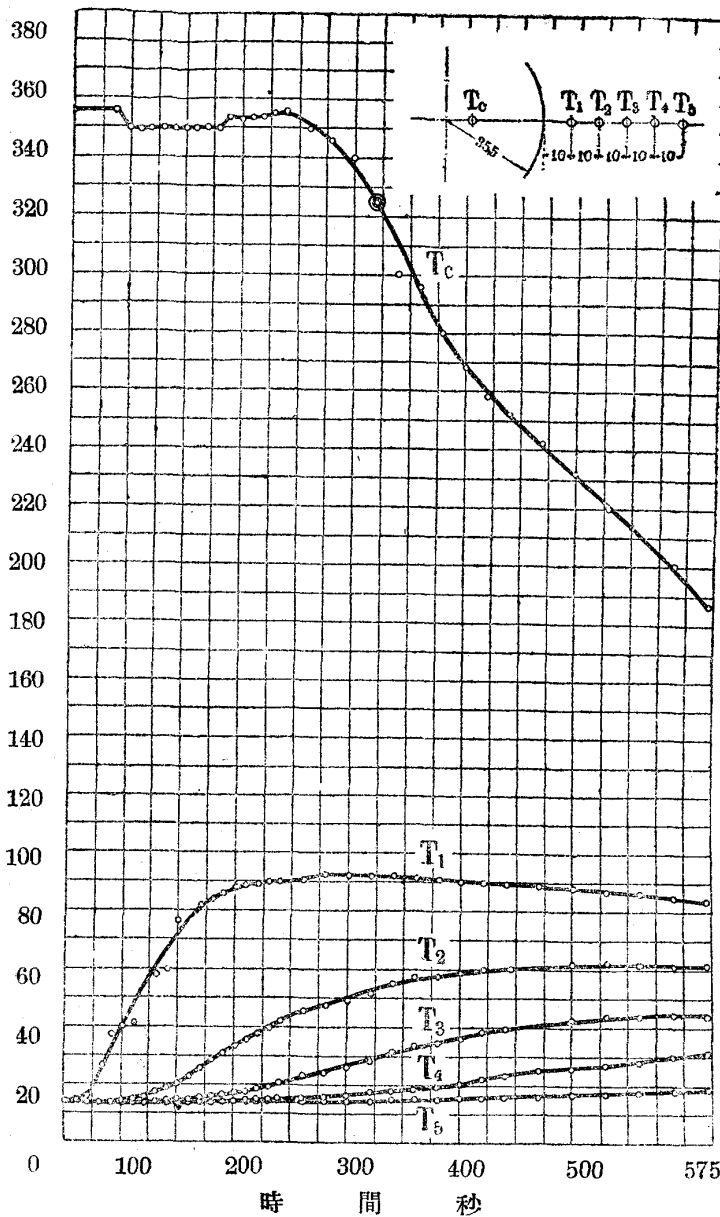
鑄物と砂の温度に關する實驗



以上の表を更に圖示すると、第二乃至第四圖の様になる。此圖面の上で一吋面白く見へるのは、第二圖に示す實驗第一では、サルモカップル T_1 が八十五度附近の處迄は急に上昇して居るが、夫れから最高百二十八度位迄は其緩慢な上昇し方である。特に九十六度附近から九十八度位迄は殆不變である

のは注目すべき現象である。此の如き現象は第二實驗でも認められるが、第三に於ては全く認められない。併し第二圖に於ては百度以下に此様な現象が起り、第三圖に於ては温度の上昇が緩慢になるのは寧ろ百度以上百五十五度位の間である。故にサルモカップルの挿入されて居る處の水が蒸氣に成る爲めに起る現象であるとは説明出来ない。何となれば若し其處即温度計のある處の砂中に含まれて居る水が蒸氣となる爲に、潜熱が必要であり、其爲めに一時温度の上昇が

三 第 驗 實 圖 四 第



緩にならなければ、夫れは何時でも百度附近の時に起らなければならぬからである。

是に對し著者は次ぎの様な説明を與へて見た。鑄物に近い處の温度計の示す温度の上昇が、百度以下に於て速度を減ずるのは鑄物から流れ出る一定量の熱量が温度計と鑄物との中間にある砂(即此砂は一つの中空圓筒を爲して居る)の中に含まれて居る水を蒸氣に換へる爲めに費されるからである。而して百度以上の時に上昇の速度が減ずるのは、温度計よりも鑄物の中心から距れて居る處にある砂中の水が蒸氣に變る爲めである。然らば此兩方の場合が如何なる時に於て起るかと云へば先第一に百度以上になつて温度上昇速度の減ずるのは、比較的溫度計が鑄物に近く置かれた時か、若しくは砂中に含有される水の量の少い時に起ると考へられる。例へば第一實驗ではT₁は側から七糎距れ

て居て、水の含有量は砂の重量の十分の一、三七である。實驗第二では僅か五糎距れて居て、含有量は、百分の五、七六で殆實驗第一の半分である。故に第二圖に於てはT₁の上昇は湯を注ぎ込だ時から直に急激に上昇せずして、鑄型の面に近い比較的少量の水を蒸汽にする爲めと、距離の遠い爲めに稍遅れて居る。而

して夫れより内側の近い處の水が蒸汽になる爲めに八十五度附近から上昇速度が減じて來て居る。是に反し第三圖では近くにある爲めと、水の量が甚少い爲めとで一時的急激に上昇するが、百度附近の温度が遠方に傳達されるに従つて、熱量は多くの水分を蒸發するのに用ひられる。然るに熱を供給する湯は、夫れを傳達する面積が常に不變である爲と、供給する熱量は湯の冷却と共に漸々減少するから、結局温度の上昇が緩慢になるのである。第四圖に於ては T_1 が常に水の蒸發温度以下の處にあるから以上の現象は全く認められない。

今以上の現象を熱傳導から證明するには先サルモカップル T_1 を含む非常に薄い圓筒を考へる。而して T_1 の示す温度を θ とし、 T_1 は丁度輪の中央にあるとする。故に輪の厚さを dr とすれば T_1 は圓筒の側から $\frac{1}{2}dr$ の處にある。而して此圓筒は常に外面よりも温度が高いから圓筒の内面の温度は

$$\theta - \frac{1}{2} \frac{\partial \theta}{\partial r} dr \dots \dots \dots (1)$$

でなければならぬ。但し r の増加する方向を正とすれば、此場合 dr は負となるが、温度の半径に對する變り方は常に負であるから、結局温度は内側が高いと云ふ假定に副ふのである。同様の考へて外側の温度を求むると

$$\theta + \frac{1}{2} \frac{\partial \theta}{\partial r} dr \dots \dots \dots (2)$$

となる。

諸實際の鑄物では其底と頂上とは常に等しい温度にあるとは云へない。一般に下方は砂型で熱の傳導が悪いから冷却が遅いが、頂上は熱の放散空氣の氣流等によつて早く冷へる。最も遅く冷却する處は思ふに中央の部分であらう。さすれば今吾々の考へて居る内半径の圓筒は、其垂直に立つて居る長い軸の方向に於て、温度の變化が無ければならない。併しながら砂型の如き熱傳導の悪い物では、中

央即 T_1 のある處から上下一、二種の間は温度の變化がないと見て差支へない。今此等の温度の部分の長さを l とする。然らば

$2\pi r l$ の面では、何の點も温度は (1) 式で現はされ

$2\pi(r+b)r l$ の面では何の點も温度は (2) 式で現はされると考へる事が出来る。

今或る面積 A を流れて行く熱量を考へると、一般に次の式で現はされる。

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -kA \frac{\partial \theta}{\partial r} \dots\dots\dots (3)$$

式中は Q 熱量 t は時間、 θ は吾々の考へて居る面に直角の方向に取つた坐標、 k は材料の熱傳導係數である。故に今第五圖の圓筒に就て内面から張入つて來た熱量 Q_1 を考へると、(1) 及 (3) 式から

$$\frac{\partial Q_1}{\partial t} = -k_1 2\pi r l \frac{\partial}{\partial r} \left(\theta - \frac{1}{2} \theta \frac{dr}{r} \right) \dots\dots\dots (4)$$

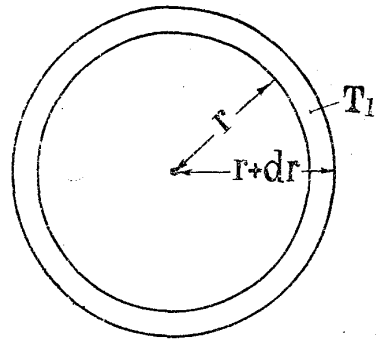
但し此場合鑄型砂の熱傳導係數 k を如何に取る可きかは頗る複雑な問題である。何となれば砂の中には一定量の水が含有されて居るから、砂許りの熱傳導係數を持つて來る譯には行かない。著者は混和液體の熱傳導係數の法則を、此場合に應用して大過ないと信ずる。即甲乙二液が各 p_1 及 p_2 の百分比で混合されて居るとし、甲の係數を k_1 、乙の夫を k_2 とすると混和液の係數 k は次の式で現はされる。

$$k = \frac{p_1 k_1 + p_2 k_2}{p_1 + p_2} \text{ 或は } \log k = \frac{p_1 \log k_1 + p_2 \log k_2}{p_1 + p_2} \text{ 或は } k^n = \frac{p_1 k_1^n + p_2 k_2^n}{p_1 + p_2}$$

實は此點に就ては尙十分の研究が必要であつて、差し當り鑄物砂の熱傳導率¹は本邦各地の産に就て一々測定する必要があると信ずる。(但し通常の砂では $k_1 \parallel 0.00740$ 水は $k_2 \parallel 0.0013$)
次に第五圖の圓筒の外面から出て行く熱量を考へると、(2) 及 (3) 式から

(1) Fourier:—The analytical theory of heat p. 78. H. Lorenz:—Technische Wärmelehre S. 436, & etc.
(2) Winkelmann:—Wärme 2te Auflage. S. 520.

圖 五 第



$$\frac{\partial Q_2}{\partial t} = -1.22\pi(r+dr)^2 \left(\theta + \frac{1}{2} \frac{\partial \theta}{\partial r} dr \right) \dots \dots \dots (5)$$

となる。而して薄圓筒の内面から張つた熱量の一部は、砂中に含有されて居る水分を蒸發するのに用ひられ、一部は薄圓筒内に包含されて居る砂及水を温めるのに用ひられ、其残りは外面から流れ出て次ぎの層の砂や水を温めるのであるから、(4)式から(5)式を減じたものが薄圓筒の温度を高める爲めと、水分の一部を蒸發する爲めとの熱量に等しい譯である、故に(4)と(5)の差を取ると

$$1.22\pi r^2 \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} dr + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) = 2\pi r dr (c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2) \frac{\partial \theta}{\partial t} + 2\pi r dr \mu \lambda$$

但し式中二次の極小は一次に對して省略し得るものとした。尙 $c_1 \rho_1$ 及 $c_2 \rho_2$ は夫れ々々砂及水の比熱係數及容積比重、 μ は蒸發せらる可き水の容積比重、 λ は水を蒸發せしむるに要する熱量である。此式を書き換へて温度上昇の時間に對する割合を求めると

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{1}{c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) - \frac{\mu}{c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2} \lambda \dots \dots \dots (6)$$

となる故に若し水の蒸發がないものとするれば、右邊の第二項は當然零となるから温度の上昇は大きい、蒸發のある場合には温度の上昇が著しく緩よなる事は明である。而して吾々は今 T_1 を含む薄圓筒に就て(6)式を得たのであるが、夫れは何處と限定する必要がない。此現象が T_1 のある位置より内部で起る共、外部で起る共、 T_1 の示す温度の上昇は緩やかになる事に變りはない。唯内部で起つた場合には T_1 の示す温度は百度以下で外部の時は百度以上である。

是等の結果から推しても鑄型の面の處が完全に乾いて居ても、其他の處に濕氣が多い場合には、鑄物が早く凝固し從て湯の廻りが悪いと云ふ事を窺ふ事が出来る。(終)