鑄鉄の粉末切断について (第2報)*

荻 岐 武 彦** 兄 子 茂*** 上 田 庫 之 助**

The Method of Powder Cutting of Cast Iron (Report II)

By T. Iki**, S. Nigo***, K. Ueda **

Abstract

As was stated in Report I, in the application of iron powder method to the cutting of cast iron, the cutting efficiency is greatly influenced by the grain size, carbon content and quantity of sprayed iron powder.

This is attributed to the facts that different grain sizes and carbon contents of the iron powder make differences in ignition temperature and combustion velocity and that the efficiency therefore depends upon the appropriate spraying of the powder into the part of the flame at the highest temperature.

The present paper reports of an investigation carried out to obtain the most desirable iron powder as flux by heating iron powders of different sizes and carbon contents in electric furnace and by checking the temperatures of ignition due to oxygen flow and combustion velocity.

Further study was made to know the most desirable mixing rate of potassium chloride and aluminum powders with iron powder through investigation of the influence of mixing upon the cutting efficiency.

(I) 緒 言

鑄鉄の粉末切断を行う場合、フラックスとして、鉄粉を使用すると、其の切断能率は鉄粉の粒度、炭素含有量及び噴射量に依つて、大いに影響を受けることは、第1報に述べた通りである。

此の原因は鉄粉の粒度及び炭素含有量の差に依つて、着火温度及び燃焼速度を異にし、これが火焰中に噴射された場合、火焰の最高温度の部分で、有効に作用するか否かに依るものと考えられる。

本報においては、種々の粒度及び炭素含有量を異にする鉄粉を電気炉中で加熱し、酸素流に依る着火温度及び燃焼速度を調べ、最適なる鉄粉に就いて検討した。

更に鉄粉に塩化カリ、アルミニウム粉を混入した時の着火温度及び燃焼速度に及ぼす影響を調べ、最も有効なるこれ等の混合割合を実験的に求めた。

次に第1報に図示した改造B号切断器の缺点を補うた、新型切断器を試作したので、これの構造機能と切断能率に就いての結果を報告した。

最後に旧B号切断器にて、ロストルの多量切断を

行つた場合の酸素、アセチレン、鉄粉の使用量及び切断時間についてのデータを記述し、実用化し得るか否かを検討した。

(II) 鑄鉄の粉末切断に最適なるフラックスの検討

(1) 鉄粉を酸素流中で加熱した場合、鉄粉の粒度と炭素含有量に依る鉄粉の着火温度と燃焼速度に及ぼす影響

a) 実験装置及び測定方法

第1図の如き実験装置に依り、予め試料を電気炉に入れないで、一定電流を與えた時の時間に対する温度の上昇曲線を求めて置き、試料を挿入した場合の温度の上昇曲線を比較すると、第2図の如く、急激な温度上昇を認めることが出来る。但し此の場合、(3)の酸素吹出パイプから

* 原稿受付 昭和25年12月

** 富士製鐵株式会社 Engineer, Fuji Iron & Steel Co.

*** 八幡製鐵株式会社 Engineer, Yawata Iron & Steel Co.

して、これ等の各々につき着火温度を測定した。

試料は5瓦をとり、酸素は760cc/minにて吹き出し、熱電対保護管は、常に一定の位置に固定して行つた。

又炭素含有量が少く、着火温度の高い試料では炉内で表面が酸化し、上述の方法では、

明瞭な着火温度を知ることが困難な爲、予め加熱した炉内に試料を挿入し、30秒以内に温度上昇を起した場合、其の温度を着火温度と定めた。

第3図は此の方法で得た結果で、(I)(II)(III)の曲線の如く、各々の試料につき粒度が小さくなるに従い、着火温度も次第に低下し、炭素含有量が少くなると、此の程度の粒度範囲では着火温度の差が少なくなつて来る。

炭素含有量に対する、着火温度を調べると、純鉄に近い処では高く、パーライト

第2図 鉄粉の炭素含有量、粒度に依る着火温度燃焼速度の変化

第1表 (鉄粉試料表)

試料番号	炭素含有量
1	B級珪素鋼板 0.09
2	特殊製造のもの 0.13
3	平炉試料 0.29
4	火花試験用標準試料 0.68
5	同上 0.89
6	同上 1.05
7	八幡より入手のもの 1.26
8	同上 1.50
9	特殊製造のもの 2.00
10	電気鉄 2.40
11	同上 2.80
12	同上 3.40
13	同上 3.60
14	低磷鉄 4.07

の流量は一定にし各々の試料につき予め数回の試験で知り得た温度の急激な上昇開始点より約50度低い温度より酸素を送り込んだ。

此の方法で得た急激な温度上昇開始点を着火温度とし、第1表に示す12種の鉄粉試料を80~150, 150~250, 250~メツシュの三つに篩分け

第3図 鉄粉の炭素含有量に依る着火温度の変化

が増加すると共に低くなり、0.83%付近で最低になり、セメントライトが出来始めると又上昇して1.7%付近で最高となる。

それ以上C%が増すと着火温度も2.5%付近まで低下し、それからは、C%の増加と共に次第に高くなつて来る。

次に燃焼速度は炉内を着火温度より各々50度高

く保持して置き、それに試料を挿入した時の上昇温度を以て比較した。

炭素含有量 1.0% 以上のものは第1報に述べた如く、切断能率悪く、此処での目的の対称にならないので 1.0% 以下の鉄粉について得た結果を示せば、第2表の如くである。(但し最高温度は熱電対の位置その他の条件に依り当然異つて来るから或る一定の条件で行つた。一つのデータを示したものである。)

第 2 表

C%	試料 (瓦)	粒 度 (メッシュ)	炉内保 持温度	試料を挿入 した時の最 低温度	最高 温度	上昇 温度
0.13	2.0	250~	750°C	700°C	1020	320
0.29	1.0	◇	650	610	800	190
0.48	2.0	◇	600	560	710	150
0.63	◇	◇	590	540	670	130
0.69	◇	◇	590	540	670	130
0.83	◇	◇	590	535	570	35
1.00	◇	◇	600	550	550	0

(燃焼速度は、温度に関係するから同一温度で比較する必要もあるから切断の場合鉄粉を噴射した時は、着火温度で発熱すると考えられるので上記上昇温度で燃焼速度を比較した。)

以上の実験より、炭素含有量 1% 以下の鉄粉では炭素含有量の少い程燃焼速度は大きくなり火焰の温度上昇には有効となる筈であるが、0.4% 以下の鉄粉で切断を行うと、其の切断能率は次第に不良となつてくる、これは着火温度の高い爲、此の鉄粉に依る発熱は、火焰の最高温度の位置を過ぎ去つてから起り、火焰の最高温度の部分の温度上昇には、有効に利用出来ない爲と考えられる。

又第3図の(Ⅳ)(Ⅴ)或は第2図(Ⅲ)(Ⅳ)に示した如く、油等の有機物を含む機械屑より得た鉄粉の着火温度は、粒度 150~250メッシュで、大体 420~430°C、粒度 250メッシュ以下で 300~320°C 位の着火温度を示すが、着火温度が 400°C 以下になると火口内で鉄粉が酸化を起し、長時間の作業はできない。

これは、着火温度が低い爲、火口の近くで、温度上昇を起す爲である。故に最適なる鉄粉は、燃焼速度早く、且火

焰の最高温度の位置で発熱する様な着火温度を持つものと云うことになる。

第1報においては、実用に供し得る有機物を含んだ、鐵粉(着火温度 300~430°C)を使用し、炭素含有量 0.36% 以下のものについては、実験を行つていなかった爲、粒度 150~200メッシュ炭素含有量 0.5% 以下の場合に最適であると述べたが、この結果と(3)の第3表の結果から判断すると、着火温度が 500~400°C の範囲で、炭素含有量の少ないものが、最適であることになる。

炭素含有量少く、粒度の非常に小さい電解鐵粉の如きものも、着火温度 700°C 程度で、これのみにては、切断能率は悪いが、厚物切断の場合着火温度の低い鐵粉に混入すると効果は大である。(此の実験結果は(Ⅲ)第4表に示す。)

(2) 鑄鐵粉に塩化カリを添加し、酸素中で加熱した場合の着火温度の変化

(1) で述べた装置により、同様の方法で鑄鐵粉に塩化カリ 1/20(0.25g)を添加し着火温度を測定した結果、着火温度が低下し燃焼速度を増すことを認めた。

試料は第1表9号より14号迄の6種について行つた。今14号にて得た一例を示すと第4図の如くである。

此の結果より塩化カリをフラックスの主体である鐵粉に混入すれば鑄鐵の着火温度を下げ、母

第4図 鑄鐵粉に塩化カリ少量を混入した時の着火温度及び燃焼速度に及ぼす影響

材の発熱を大きくし、切断能率を良くすると考えられる。塩化カリを1/20混入した理由は、切断用鉄粉に1/20以上を混入すると燃焼速度を妨害することは炉内実験で明らかな処であり、又切断実験においても白煙を発し切断作業を困難にし、切断能率も低下すると云う結果を得た爲である。

塩化カリを混入した場合の効果については(Ⅳ)において、ロストル切断を行つた実験データにより後で述べる。(第6表)

- (3) 鉄粉にアルミニウム粉を添加した場合の影響
鉄粉にアルミニウム粉を混入すれば、酸化発熱を増大し、切断能率を良くすることは当然予想される。しかるに炭素含有量0.4~0.6%程度の切断能率の良い鉄粉に混入すると切断母材の上に酸化アルミとなつて盛り上りを生ずることもあり切断能率の向上には余り役立たないけれども切断能率の悪い0.7~1.0% Cの鉄粉に混入すると切断能率は良くなり、良い鉄粉の時に近い切断能率を持つ。今0.6% Cの鉄粉と1.0% Cの鉄粉にその1/20量のアルミニウム粉を混入したフラックスにて60×50mmの鑄鐵を切断した時のデータを示すと、第3表の如くである。

(但し此の鉄粉は着火温度の低い機械屑の鉄粉を使用す。)

第 3 表

C%	粒 度 メッシュ	Al5%混入	切 断 材	切 断 時 間
0.6	150~250	混入せず	60×50mm	1分 3秒
0.6	同	混 入	同	1 30
1.0	250~	混入せず	同	3 30
1.0	同	混 入	同	1 15

此処にアルミニウム粉の影響は次の如き反應によるものと考えられる。

上記(2)式で出来る發生期の Fe は特に反應速度大であり、又 KCl を入れて鑄鐵の着火温度を低下すればアルミニウム粉の効果は更に向上するものと考えられる。

- (4) 鉄粉、塩化カリ、アルミニウム粉の最適なる

混合割合について

今迄述べてきたこと(Ⅲ)(Ⅳ)に依る実験データを綜合すると燃焼速度早く、着火温度は、500~400°C程度の鉄粉を主体とし、これに発熱量を大きくする爲に、アルミニウム少量と、鑄鐵の着火温度を低下さす爲に、塩化カリ少量を混入したフラックスが最適であると考えられる。

此のフラックスを多量に安價に造る爲に、市販品の機械屑より製造した(着火温度420~300°C)鉄粉45%、特別に製造した鉄粉(第1表2号C=0.13 Si=1.23)45%、KCl 5%、Al 5% を混入した場合が、今迄の実験では第4表に示す如く最大能率を示した。

(Ⅲ) 新型切断器の構造機能及び其の切断能率

(1) 新型切断器の構造機能

第1報で使用した改造B号切断器は次に列記した3つの点に難点がある。

- i) 予熱焰の外輪より噴射した鉄粉の酸化発熱を完全に且つ有効に利用出来ない。鉄粉は火焰中で予熱され、切断酸素と合流して始めて発熱効果を示す解であるが、此の切断酸素と合流或ひは接触する鉄粉は、噴射鉄粉の数分の一に過ぎ

→ 中間酸素吹出経路
→ 鐵粉噴射経路

第 5 図

ない。

第 4 表

ii) 鐵粉の噴射火口の角度が一定である爲に鐵粉が火焰中で発熱を起す位置は定まつてしまふ。其の爲に厚物を切断する場合、鐵粉の噴射火口を取りかえなくては、切断能率が低下する。

iii) 鐵粉の噴射口が余熱焰火口の直ぐ外輪にある爲に連続使用すると鐵粉噴射口が加熱してきてその中で鐵粉の酸化を起し火口のつまる原因となる。

以上の缺点を補う爲、第5図の如き構造にし、200mm迄の切断が出来る大型の切断器を試作した。第5図に於てAは酸素アセチレン切断器の火口、Cはフラックス噴射口、Bは中間酸素吹出口にして従来使用した改造B号切断器に改良を加へた点は斜線を以て示した鐵粉酸化促進用の中間吹出口、Bを設けたことである。

此の改造に依り、今迄切断酸素と合流しないで損失してゐた鐵粉は、中間酸素により十分に無駄なく、発熱に利用され、(i)で述べた缺点を補うことができる。

又この中間酸素の圧力を調節することにより、鐵粉の集中点を自由に加減することができ、厚物の切断には大いに便利となる。而も酸素アセチレン火口を常に冷却するからフラックス火口をつまらす心配がなくなり(ii)(iii)の難点をも補うことが

実験番号	切断材の厚さ(mm)	切断材の長さ(mm)	切断時間 min. sec.	毎分の切断長さ mm/min	旧火口の毎分の切断長さ mm/min	使用したフラックス
1	105	100	1. 18	76	38	C=0.13鐵粉45% C=0.63 〃 45% (着火温度400°C)
2	105	70	1. 0	70	38	
3	115	160	6. 0	26.6	35	
4	120	66	3. 30	19	30	Al 5% KCl 5% C=0.13を混ぜず 他は同上
5	50	60	1. 30	40	85	
6	65	60	2. 0	30	60	C=0.13鐵粉のみ
7	75	50	2. 0	25	50	

切断条件 アセチレン圧 2kg/cm² 予熱焰酸素 4kg/cm²
切断酸素圧 8kg/cm² 鐵粉噴射圧 5kg/cm²
鐵粉噴射量 150~200g/min.

できる。

第6図に示したものは、第一回に行つた試作で、第5図に示すものと多少火口先の構造を異にする。

(2) 切断能率とフラックスによる影響

旧切断器の場合には、鐵粉が火焰中で集中する位置が定まつてしまい、火口先より火焰の最高温度の位置までの長さ以上の鑄物を切断することは困難であつたが此の切断器においては、中間酸素の圧力を増すことにより、深部の切断を容易にすることを認めた。

但し此の場合、アセチレン圧も高くし、還元焰の長さを同時に長くする必要がある。フラックスとしては炭素含有量の少い着火温度の高いものを混入すると、大いに有効に作用する。

これによる切断能率を示せば、第4表の如し。第4表1,2の実験より(II)(4)に述べたフラックスを使用し、新切断器による切断能率は旧切断器による第1報データの約2倍となる。第7図中央

第 6 図

第 7 図

の切断は此のフラックスを使用した場合で、其の右の切断は炭素含有量 0.13 の鉄粉を混じりなかつた場合のものである。

第 4 表 4, 5, 6 にて解るように着火温度の高い鉄粉のみにては能率が半減し、又 7 の如くこれにアルミニウム粉を混入しても効果がない。1, 2 と 3 を比較すると $C=0.13$ の鉄粉の効果が解る。

(Ⅳ) 旧切断器に依るロストルの切断に就いて

B 号吹管の火口の部分を改造して、粉末噴射火口を取り付けた粉末切断器で、船舶用ロストルの端部切断を行う機会を得たので、此の時のデータを述べて、粉末切断法の実用的應用に関する経済的考察の参考に供する次第である。

粉末切断を行つた試料は上図の如き鑄鐵製船舶用ロストルで切断面積は $65 \times 27\text{mm}$ であつた。

これは、木型の寸法違ひの爲、CD 間 25mm のものが、約 4mm 位長かつたものを A, B 線に沿つて切断を行つた。

切断作業としては、技術的に非常に六ヶ敷しく、切断能率も、普通の箇所を切断する場合より、片側から逃げる熱が大なる爲、低下しているので、此の実

第 5 表

(△印は KCl を混入せず)

実験番号	切断本数	フラックス鉄粉 C%	鉄粉に KCl 5% 粒度メッシュ	フラックス消費量 (kg)	所要時間 (min)	使用酸素 (l)	使用アセチレン (l)
△1	16	0.83	120~	4.0	40	9000	1500
2	48	0.56	120~250	7.0	90		
3	16	0.83	120~	3.0	30		
4	21	0.56	120~250	3.0	40	4000	660
5	14	0.83	120~	2.5	30		
6	16	0.56	120~250	1.5	19	6000	1000
7	20	0.56	120~250	2.0	25		

計 151 23.0 274 19000 3160
一本につき (152g)(1.8分)(125.8l)(20l)

験によつて得たデータで、粉末切断の能率を論ずることは不適當であるが、一應實用に供し得ることを認めることができた。

鉄粉噴射量は 150g/min 送風圧は $4 \sim 4.5\text{kg/cm}^2$ 酸素圧は 3kg/cm^2 として、上記試料について粉末切断を行つた結果を示すと次表の如くである。

本表より、一本を切断するにフラックス 152g を要し、所要時間は約 1 分であつた。上表所要時間 1.8 分の中 0.8 分は切断試料の持ち運び配列等の準備に要した時間である。

一つの試料を切断し、次の試料を切断する間、酸素アセチレン焰はそのまゝにし、鉄粉噴射のみを中止した。第 1 報で行つた切断速度データより考察すれば、厚さ 27mm のものは、粒度 150~250 メッシュ C% 0.5 程度の鉄粉を使用すれば、毎分約 110 耗の切

断が出来る解であるが、第 5 表よりの平均切断速度は、 65mm/min となり、第 6 回目の最も良き場合で、 65mm を 36 秒で (100mm/min) 切断したことになる。

此の実験においては、望み通りのフラックスが入手出来なかつた爲 C% 0.83 の如

き粉末切断には不適なものまで使用した。

但し上表の 2~7 号迄の鉄粉には、(Ⅰ)(2)で述べた如く、切断母材自体の着火点を低下させ発熱を大ならしめる爲と、鉄粉の C% 多く、酸化発熱反應の鈍いものゝ作用を促進する意味において KCl 5% を添加して、その効果を検討した解である。

今前の表より KCl を加えたものと加えなかつたものについて、ロストル一本の切断のみに要した時間を比較すると、次の如くなり、其の効果を認め得る。

第 6 表

○印は KCl を混入したもの

実験番号	C%	KCl 5%	一本の切断時間
1	0.83	使用せず	1.7 (分)
2	0.56	使用	1.1
3	0.83	〃	1.1
4	0.56	〃	1.1
5	0.83	〃	1.3

(Ⅴ) 結 言

以上述べて来たことを要略すると次の通りである。

(i) 鉄粉の着火温度、焼燃速度は、粒度、炭素含

有量によつて異なり、粉末切断には、着火温度が500~400°C 程度で炭素含有量の少ないものが適する。

(ii) 塩化カリ、アルミニウム粉少量を混入すると切断能率を良好にすることができる。

(iii) 余熱焰と鐵粉の噴射口の間より酸素を噴射すると、切断能率を良くし、厚物切断には大いに有効である。

(iv) 現在迄の段階で、100mm 以下の鑄物切断に

は、実用に供し得る。費用としては連続作業で、フラックスが1時間に約10kg(800円)と、普通の切断器より酸素及びアセチレンが多少多く必要であるから、それを加算して考えれば良い。

終りにあたり、多大の御指導を戴いた田中清治先生並びに実験場所及び資料の点で、便宜を計つて戴いた、石川重工の飯沢、滝御両氏に厚く御礼申し上げます。

—— 學 術 論 文 ——

軟鋼電弧熔接部に表れる線状組織の研究 (第3報)*

—— 鑄 造 実 験 に つ い て ——

岡 田 実** 麻生文太郎*** 谷 垣 尚****

Ice Flower Like Structure in Metal by Arc Welding, in Patricular Mild Steel. (Report III)*

——On the casting experiment——

By M. Okada **, B. Asao *** and T. Tanigaki ****

Abstract

Ice flower like structure is formed in deposited metal. The purpose of this experiment is to seek for the cause of the formation of ice flower like structure by means of casting of core wire and some coating materials. The appearances of ice flower like structure which is formed in the casting specimens, are similar to those observed in the deposited metals. Namely, the fine columnar crystals are formed and the numerous micro-blow holes exist at the boundary of the columnar crystals. These structures can be seen by a microscope with magnification of approximately 25 diameters.

The experiments are executed by the following procedures. In the atmosphere which contains water vapour, the core rods were melted in the Tamman tube, and the various elements were added to the molten steel, and then the molten metal was cast. The fractures of the casting specimens were observed after cooling. Ferro-silicon, ferro-manganese, ferro-titanium, ferro-vanadium, metallic chromium, solid carbon and the oxides of these metals were added to the molten steel.

The above experimental results are as follows. Ferro-silicon, metallic aluminium, metallic chromium and ferro-titanium were added to the molten metal of S-rod in the atmosphere which contained water vapour, and then these steels were cast. When the additional amount of the deoxidizer increase, ice flower like structure is formed(Fig.2). This is due to the following natures: the deoxidizing products, SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 and TiO_2 are refractory and their fluidity is low.

When solid carbon, ferro-manganese and ferro-vanadium were added to the molten metal of S-