の結果は約 300kg の重量軽減となつた。然し電動機枠及び枕梁との一体化は必要以上の強度を取つたと思はれるので、更に重量軽減の餘地が有り、又電動機の寸法は回轉数の増大による直径の縮少と共に絶縁材料及び電気材料等の材質改善により更に小なる形状のものが望まれ、その結果、本ボギーの動力傳導構造は更に變り、平歯車及び中間軸を廢止して兩軸にウォーム歯車による直結方式が採用出来、此の方面からの重量軽減も計られると思はれる。

構造の点では從來の台枠に代る軸箱と一体化された四つの腕は、電動機枠と枕梁の一体化と共に全く劃期的構造で、今後の台車研究の一石となる事と信じる。

重量軽減の外に本ボギーの利点とする処は、熔接のため軟鋼板を使用しているので、鑄造の不必要から工程がそれだけ省けること、及び市内で急勾配の

多い処で二軸駆動にする場合、本設計の如き方法を採用すれば、電動機の馬力数は同一であつても（現用のものでは二台の電動機が必要であるが）この場合は一台で足り重量及び経費の節減となる。

次に本設計の熔接施行に対する注意としては前に少し述べたが、特に熔接残留應力を極度に少なくする様な熔接施行法及び熱処理を行い、車輛特有の連続振動及び衝撃荷重に対して十分な安全度をもたす事が重要である。

尚紙面の都合上、設計の計算式は全部、図面も殆んど削除し、略図を掲載したので非常に不明箇所が多かつた事と思ふが御許しを希ふ次第である。又製作の完遂は未了であり、今後種々の都合により最初の計画と多少変更を餘儀なくされる場合があるかも知れない。実用試験結果と共に改めて報告したい。

鑄鉄熔接の基礎的研究（第2報）*

—鑄鐵棒の化学組成と金型鑄込み試片の組織との関係—

岡 田 実** 西 尾 安 弘***

Fundamental Researches on Welding of Cast Iron (Report2)

—Relation between Chemical Composition and Macrostructure of Cross Section of Pig Iron Rod Cast in Copper Mold.—

By M. Okada** Y. Nishio***

Synopsis

In the case of cast iron welding, it is favorable to use a cast iron rod of preferable chemical composition to promote graphitization of weld metal. And when ledeburite is formed in weld, it is necessary to change it by heating at proper temperature.

In this research, determination was intended of the characteristics of cast iron welding rod having such chemical composition as to promote graphitization of weld metal.

In stead of a usual welding process, cast specimens of various compositions, having been cast in a copper mold as shown in Fig. 2, were used in the experiment.

The specimens were 10mm in dia, and 50mm in length. The macrostructure of the rods were examined at the cross section 20mm from the lower end. From the results of the above experiments, the proper chemical composition of rod was determined as shown in Fig. 3. The chemical composition of original cast iron is shown in Table 1 and the amount of alloying material added (pure Al and ferrosilicon) are shown in Table 2. Ledeburite in the cast rod of proper composition was found thoroughly graphitized by heating at 850°-950° C for a few minutes.

*、原稿受付月日 昭和24年10月20日

** 正員、大阪大学教授、Member, Professor of the Faculty of Engineering, Osaka University.

*** 正員、西日本重工工業株式会社廣島造船所、

1 緒 言

鑄鐵熔接に当り白銑を作らないようにすることは衆知の事でありかつ最も重要視すべき点である。白銑生成防止については種々研究されており、白銑が鑄鐵熔接の敵といわれる理由は硬くて機械加工ができず伸は少く鋼程度の熱膨脹収縮があり亀裂が入り易いためである。

鑄鐵熔接棒の組成をいかにすれば白銑を生成せしめずに熔接できるか、また白銑が出たならば熱処理をどういう条件で行えば良いかの二点につき金型鑄込み試片によつて実験を行った。

2 実 験 I

鑄鐵を熔接するには鑄鐵熔接棒の組成が問題である。まず熔着金属の組成をいかにするかについての実験を試みた。

電弧熔接による熔着金属の冷却速度は熔接棒の金型鑄造の場合の冷却速度と大体よくにていると考え、一定の C 及び Si を含有する鑄鐵に Si 及び Al を次第に加え、これら添加元素による黒鉛化程度を観察した。

Fig. 1 Fe-C Diagram with Various Content of Silicon

Fig. 2 Copper Mold

Table 1

Chemical Composition of Original Cast Iron

C	2.7~3.0
G. C.	2.2~2.6
Si	2.4~2.9
Mn	0.46~0.50
S	0.01~0.03

黒心可鍛鑄鐵では含有炭素量と珪素量との和が 4 %以下の時は金型鑄物は全部白銑である。しかし第

Table 2

Amount of Ferro-Silicon and Alminum added to Original Cast Iron

Specimen No.	Amount of Agents added to Original Cast Iron	
	Ferro-Silicon	Aluminum
1	0	0
2	1	0
3	2	0
4	3	0
5	4	0
6	5	0
7	6.5	0
8	8	0
9	10	0
10	0	1
11	0	2
12	0	3
13	3	1
14	5	1
15	3	2

Table 3

Chemical Composition of Specimens.

Specimen No.	Chemical Composition %	
	C	Si
1	2.37	2.60
2	2.43	2.95
3	2.36	3.21
4	2.37	3.74
5	2.43	4.41
6	2.14	5.29
7	2.35	6.01
8	2.24	6.40
9	2.24	8.00
10	2.35	3.01
11	2.57	2.97
12	2.37	2.95
13	2.38	4.29

1 図のごとく珪素量が多くなるに従つて平衡に近い状態で鼠銑（黒鉛化）の安定線は C の少い方へ移り準安定線との温度差が大となり、黒鉛核の生成とその成長の機会が多くなる。また鼠銑を得易くするため C を添加すれば黒鉛が大きくなり機械的性質は低下する。

これらの点を考慮して第 1 表のごとき材料をタンマン炉中で熔解し約 50%Si を含む珪素鐵及び略々

Fig. 3 Relation between Structure of Specimens at the Section of 20mm from Lower End and Charged Amounts of Ferro-silicon and Aluminum.

Fig. 4 Effect of Fe-Si upon Graphitization.

Fig. 5 Effect of Al upon Graphitization

Fig. 6 Effect of Al upon Graphitization of Cast Iron Charged 3% Fe-Si

純粋なアルミニウム (Al) 小板を第 2 表に従つて添加した。この際 Al は投入後浮上して酸化するので純鉄線の尖端に Al 小板をくくりつけ熔鉄中へ押し込みよく攪拌した。1480°C に加熱し第 2 図に示す室温の銅金型に鑄込んだ。鑄造試片の化学分析結果は第 3 表の通りである。この時の冷却速度は熔鉄の上部が黒色になるまでに 15 秒を要し、25 秒後には鑄型は約 60°C となった。

鑄物は各組成につき 10 本づつ造りそれを折断し肉眼によつて破面を観察した。鑄型最底部は冷却速度が大なるため全部白鉄であるが、これより 20mm 上の所では次の 3 種に大別できる。

- I 白鉄のまゝのもの
- II 金環鉄 (中央部が鼠鉄で周囲が白鉄のもの)
- III 周囲の微小部を除き全部鼠鉄になったもの

すなわちこの分類は Al 及び Si の添加量によつて定まるものにして、第 3 図 I, II 及び III は実用的に見て夫々上の分類に適合するものあるいはそれに近い分野を示している。

さらにこれについて添加元素と面積百分率との関係を考えると第 4, 5, 6 及び 7 図が得られる。第 4 図において珪素鉄 6.5% を加えたとき鼠鉄化した面積百分率は最大値を示している。この点は C 2.6% Si 6.5%, 温度約 1000°C で起る包晶反応に相当し黒鉛化が最大になるものと考えられる。硬度試験結果 (第 8 図) を見ると珪素鉄 6% 附近で最低値を示している。Al の場合には 2% までは漸増する

Fig. 7 Effect of Fe-Si upon Graphitization of Cast Iron Charged 1% Al

Fig. 8 Relation between Hardness and Charged Amount of Fe-Si

が 3 % になると急増している (第 5 図)。

珪素鉄 3 % を加え、Al の量を変化させると非常に敏感に黒鉛化することが第 6 図より知られる。逆に Al を 1 % に固定して珪素鉄を変化させると殆ど直線的に増加する (第 7 図)。

かように黒鉛化作用は Si のみよりも Al を併用することにより著しく促進される。ただし Al を含んでくると鑄鉄は伸も流動性も悪くなるので、この点を考慮しなければならぬ。

なお鼠鉄部の色であるが Al を添加した場合は Si のみを含む時に比し薄白く感ぜられる。

上述のごとく Al 及び Si を添加しても金型鑄造のごとき急速冷却の時は全炭素が完全に黒鉛化する事はなく、必ず一部に白鉄が残存するのである。従つて金型鑄造に類似する冷間熔接にあつては完全に白鉄を消失せしめることは困難であろうが、Al 及

Fig. 9 Relation between Annealed Temperature and Time of Graphitization.

び Si の添加量を適当にすれば熔着金属における鼠鉄の生成は容易になることが判る。かつ熔接温度の変化によつてさらに有効になることが推定できる。

3 実験 II

実験 I に述べたごとく金型鑄込みによつて白鉄及び金環鉄が出現するが、これを鼠鉄とするため焼鈍した場合の変化について実験を試みた。

およそ鼠鉄中には片状黒鉛が存在し、 Fe_3C の分解が起り易く分解によつてできた分解黒鉛、所謂焼鈍炭素は片状黒鉛の表面に吸合され易い。焼鈍炭素は 1000°C 以下では丸く粒状をなし、 1000°C 以上では片状となる。従つて焼鈍をなすに当つて 1000°C 以上では焼鈍時間は短かくてよいが片状黒鉛になり易く、片状黒鉛の生成は機械的性質を低下する。

よつて 1000°C 以下では焼鈍時間は長くかゝるが本実験では 850°C 、 900°C 及び 950°C の焼鈍温度を採用した。試片は実験 I の鑄造材で鑄型底部より 20mm までの部分を用いこれを鉛浴中へ 1~8 分間投入後、徐冷させるためアスベストで包んだ。

白鉄が鼠鉄となる場合には硬度が非常に低下する。従つて硬度試験の結果から試料が鼠鉄化するに要する焼鈍時間が決定される。かくして第 9 図を得た。この図より次の事が判る。

Fig. 10 Time of Graphitization at 850°C due to Charged Amount of Fe-Si.

- (1) 焼鈍温度によつて鼠銹化するに要する時間は異り 950°C の場合は 850°C に比し約 1/2 以下の時間でよい。
- (2) 焼鈍温度 850°C の場合、珪素鉄含有量との関係を見ると珪素鉄が多くなるに従つて鼠銹化するに要する時間は短くなる。Si 2.6% を含む No.1 試片では 8 分、8% を含む No.9 試片では 3 分となる。この関係は更に第 10 図で明らかであろう。

(3) 900°C 及び 950°C の場合では 850°C の場合に比し、それほど Si 含有量により鼠銹化するに要する時間の差異は大きくない。

(4) 焼鈍温度を高くしても Si 含有量を多くしても白銹が鼠銹となるに要する時間は限度があり上記実験条件で鉛浴浸漬時間は約 1.5 分以上を要した。

4 結 言

実験 I により金型鑄込みによつて起る鑄鐵の組織変化を調べ、II では焼鈍によつて鼠銹とするに要する時間と量との関係を知つた。すなわち Si は良く白銹化を防止し Al の添加でさらに助長されるが予熱を全く行わないで鑄鐵熔接棒を用い熔接するとき完全に鼠銹のみにすることは容易でないことも判る。しかし適当な熔接条件を選べば大いに改善されることは明らかであり、また短時間焼鈍によつて Si 及び Al の添加されている場合は効果的に鼠銹化することができるのである。

*田村元, 塩原健次郎 熔接学会誌 17 卷 8 号

資 料

日本熔接技術發達史

[XX]

佐々木新太郎*

故に発熱量利用率の高い電気熔接の採用を必要とするに至るのである。第(4)表に於て 6" 径以下の管にはガス熔接を適當とし、6" 径以上の管には電気熔接を適當とすると記せるは径が大になれば管厚を増すが故に管厚に関係して此區別を設けて居るを考へるべきである。私は管厚 10 耗以下はガス熔接、以上を電気熔接することに大体の限界を設けて居る。然し 10 耗厚になるとガス熔接は少し無理かとも思はれ、8 耗位を限界とすべきかとも考へてゐる。10 耗位になると現在我國にある火口の最大のものを用ひても時期と場所とに依つて母材熔接部を熔接に必要な温度に保持することが出来ない。熔接をやつてゐる間に母材の温度が低下して熔接を続けることが出来なくなるので熔接を一時中止して加熱のみを行ふで母材の温度を上昇せしめて熔接する。此状況を繰り返して行ふので熔接速度を遅くして能率を悪くし、且つガス消費量を多くして極めて不経済とな

つて然も技術的にも熔着不完全となり易い心配が多いのである。技術的に熔着を完全ならしめるには二人の熔接工を使用し、一人の吹管は加熱を専門に行はしめ、他の一人の吹管は熔接を専門に行ふことにして母材熔接部を常に所要温度に保持せしめつつ熔接を続けると云ふ方法を探ることもあるが工員は二名使用し、ガス消費量は大きとなつて極めて不経済となるは明である。故に 8 耗厚位を限界として以下の厚味のものはガス熔接とし、以上の厚味のものは電気熔接とする位が妥當と私は考へてゐる。然し注意すべきことは最近の超高压汽罐でもチエツコ、スロバキヤ國のウキツトコ、ビツツ社のレフラボイラは常用蒸汽圧 115 氣圧で蒸汽温度は 500°C というのに管接手に全部ガス熔接を採用している。それについてウキツトコビツツは前には電気熔接を採用したのであるがその欠陥のために被害を被つたことがあるのでガス熔接を採用することに變更したと稱し、電気熔接に欠陥あることを認めているのである。一方ガス熔接は人工費高くなりて不経済であることは明らかであるのでウキツトコビツツ社では熔接工に工賃の安い婦人、若年者を使つて工賃の節約に努めているとの事も聞いたのである。今次大戰の直前に上海で米國の手で超高压の火力発電所が建設された。常用蒸汽圧力は 110 氣圧で蒸汽温度は 500°C 位であつたと思う。これには第(5)表に記されてゐると同様の方法で全部電気熔接で行われた。米國は工賃の高い

* 名誉員、日本断接工業株式会社