



Title	鋼心鑄鉄の成長試験：鑄鉄の成長に関する研究. 第2報
Author(s)	高橋, 忠義
Citation	北海道大學工學部研究報告, 24, 77-83
Issue Date	1961-02-28
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/40672">http://hdl.handle.net/2115/40672</a>
Type	bulletin (article)
File Information	24_77-84.pdf



[Instructions for use](#)

# 鋼心 鑄鉄の成長試験

(鑄鉄の成長に関する研究 第2報)

高橋 忠義\*

## The Growth of Cast Iron with the Rod Steel in the Core

(On the Growth of Cast Iron II)

Tadayoshi TAKAHASHI

### Abstract

The growth of cast iron having the rod steel in the core was investigated on heating and cooling in air and vacuum. Specimens of various area ratio of the cast iron to the total area were used.

The results obtained were as follows:

(1) The growth of cast iron can be prevented at the area ratio of cast iron of 36 percent in vacuum and 43 percent in air.

(2) Expansion and contraction phenomena at  $A_{1-3}$  transformation of cast iron and steel disappeared and showed monotonous heating and cooling curves in the vicinity of 36 percent area ratio of cast iron on the dilatometric test in vacuum.

### 1. 緒 言

最近球状黒鉛鑄鉄をはじめとし、クローム、タングステン等の特殊元素を添加してパーライトの安定化したもの、あるいは微細黒鉛組織のもの等、成長性の少ない種々の新しい鑄鉄が出現しつつある<sup>1)</sup>。

著者は以前より鑄包みに関する研究をしているが<sup>2),3)</sup>、その一連の研究として鋼心鑄鉄の成長性(長さの方向における現象として)について実験を行なった。

鋼心鑄鉄が成長し難いであろうことは容易に推定されるが、特に著者がこれに関心を払つたのは二つの理由からである。その第一は低炭素鋼の加熱冷却特性についてである。最近の研究によれば<sup>4)</sup>鋼を  $A_1$  変態点以上に加熱冷却を繰返すと炭素含量 0.5~0.6% を境にして(試料寸法直径 20~25 mm, 長さ 50 mm) それより少ない炭素含量のときは加熱回数と加熱温度に比例して長さが減少するという報告がある。従つて鑄鉄と軟鋼の組合せによつては成長を起さぬものも可能になる。

\* 冶金工学科

第二には鋼と鑄鉄は加熱冷却の際の  $A_1$ ,  $A_3$  変態点に相違があり, それが成長にどのように影響するかと云うことである。この二点の関心のもとに鑄鉄と鋼の体積比を種々に変化させて鑄包んだ円柱棒を一つは真空中で本多, 佐藤式の熱膨脹計にかけ他方は空気中で拘束しないように水平に置き繰返し加熱冷却を行なった。その結果未だ実用的段階までは行かないが鑄鉄と鋼の断面積の割合を適当にすれば成長の非常に少ないものが得られると共に, 各々の変態特性が干渉し合ったための見掛上単純な加熱冷却曲線が見られたので発表することにした。

## 2. 実験方法

真空中の熱膨脹試験機にかけるものの試料は生砂に直径 15 mm, 長さ 100 mm の円筒形の鑄型をつくり, その中心に 4 mm, 3 mm, 2.5 mm の鋼棒を垂直に保持し, 押上式で鑄鉄を注入して両者を完全に熔着させ, これを直径 5 mm, 長さ 80 mm に仕上げて試料とした。この際比較のため上記と同じ寸法の鋼と鑄鉄も同時に作つた。

ここで鑄包む鋼棒の細い程鑄込温度と保持方法に注意しないと試験にかけても曲がるおそれがあるので毎回の加熱冷却後に全試料について真直であるかどうかを確認した。なお, 使用した鋼は熔接棒に使用される低炭素鋼で一方鑄鉄は普通鑄鉄を用い, その両者の成分を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of used steel and cast iron

Materials	Compositions				
	C	Si	Mn	P	S
Steel	0.06	0.15	0.3	0.02	0.03
Cast iron	3.4	1.0	0.5	0.05	0.04

この実験では加熱速度  $6^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , 冷却速度  $8^{\circ}\text{C}/\text{min}$  で行ない加熱冷却前後の試料の長さの測定には比較測長機または熱膨脹計を用いた。また, 繰返し回数は何れも 5 回とした。

一方酸化雰囲気での実験では加熱炉の中に水平に試料を置いて行なった。試料の作成は直径 30 mm, 長さ 100 mm の円筒形鑄型を作り, その中に 4 mm, 6 mm, 7 mm 直径の鋼棒を垂直に保持して鑄包み, 直径 8 mm, 長さ 60 mm のものに仕上げて試料とした。また, 比較のために上記の寸法と同じ鋼棒および鑄鉄棒も作つた。この試料は両端面中心に穿孔して 13 Cr 鋼片を打込み測定基準点をつくつた。使用した鋼と鑄鉄の組成は前記の真空中の実験に用いたものと同じである。

二つの実験に使用した鑄包み材試料における鑄鉄と鋼の面積率を Table 2 に示す。

Table 2. Area of cast iron and steel in specimens

Specimens	Dia. 5 mm, length 8 mm					Dia. 8 mm, length 60 mm				
Area of cast iron	100	76	64	36	0	100	75	43	23	0
Area of steel	0	24	36	64	100	0	25	57	77	100

### 3. 実験結果

#### (A) 熱膨脹計による場合

各試料の加熱冷却繰返し回数と膨脹率との関係を Fig. 1 に示した。鑄鉄は加熱回数と共にその長さを増加するが鋼は逆にほぼ直線的に減少する傾向が見られる。

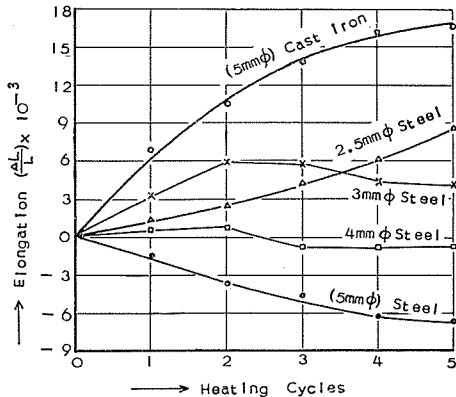


Fig. 1. Relations between elongation and number of repeated heating and cooling (in vacuum)

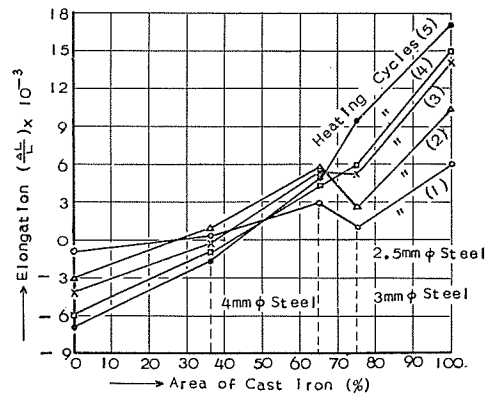


Fig. 2. Relations between elongation and area of cast iron.

鋼心鑄鉄の場合、鋼の占める面積比が増加するに従つて鑄鉄の膨脹は抑えられ鑄包み鋼棒直径 4 mm になればほとんど膨脹を示さないようになる。次に各加熱冷却回数と鑄鉄の面積比に対する膨脹率の関係を求めると Fig. 2 のごとくである。この図より加熱冷却回数増加に対して膨脹率の比較的变化することの少ない範囲があり、そのときの鑄鉄の面積比は 64% 附近にあることが知られる。これを鑄包まれる鋼棒太さから見れば直径 3 mm のものに相当する。

このように鑄鉄で鋼を鑄包む割合を適当にすれば鑄鉄の加熱による初期の膨脹を抑えるばかりでなく継続的成長をも抑えられることになる。

#### (B) 酸化雰囲気中の加熱炉における加熱冷却実験

10 個の試料を用意し 650°C で 30 分間保持し、30 分を要して 950°C にし 950°C でさらに 30 分保持し、それより 30 分かけて 650°C になるようにし、その繰返し数と長さおよび重量変化の関係を測定した。重量変化は化学天秤による。

その結果を Fig. 3 に示す(参考までに 15 回目の結果も示した)。

この結果を (A) の実験と比較して見ると、鋼は 8 回の加熱冷却後に収縮側より膨脹側に切り回数とともにやや膨脹をつづけるようである。また直径 7 mm の鋼心鑄鉄は加熱冷却回数の初期より徐々に成長はするが、8 回以降はほとんど変化が見られなくなつた。このことより酸化雰囲気においても鑄鉄と鋼の占める面積率を適当にすれば成長性の比較的小さいものが得られる。

重量変化は鑄鉄のみの場合が一番多く増加し、その他のものはそれより増加率は少ないが判然とした区別は認められなかった。

次にこの場合の顕微鏡写真結果を見るに直径7mmの鋼心鑄鉄の場合の加熱前と加熱後の顕微鏡写真を Photo (a)~(d) に示した。(a)は鑄包みを行なつたままの試料を示すもので鑄鉄と鋼は完全熔着しているのが見られ、鑄鉄に接する鋼は滲炭されて遊離セメントサイトを析出している。Photo (b)~(d)は(a)の試料を常温から950°Cまで加熱—冷却を10回繰返したものである。(b)は鑄鉄と鋼の接している部分を示すもので、鑄鉄側では基地のパールライトは分解拡散して片状黒鉛とフェライトになり、鋼との間にはシリコフェライト層をはさんでいる。鋼の側は(a)に見られる状態より中心

に向つて次第に炭素が拡散し途中パールライトの比較的多い範囲があり、その後次第に減少してもとの低炭素鋼の基地を示している。このように加熱—冷却を繰返すことにより鑄鉄からの炭素の移動が続き、その減少と共に鋼中に移動した炭素は徐々に均一化の方向をとり、繰返し数の増加と共にはじめの低炭素鋼が高炭素鋼に周辺より変化することになる。しかし、この場合、初めにのべた低炭素に起因する鋼の収縮現象の成長防止効果は加熱回数とともに失われるわけであるが、しかし、鑄鉄の初期の大きな膨脹を阻止する上には大いに役立つと認める。

#### 4. 鋼心鑄鉄の熱膨脹曲線

熱膨脹計によつて測定した各試料のうち Fig. 4 は鋼および鑄鉄のみの場合の1回目(A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>)と5回目(A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>)の熱膨脹曲線である、Fig. 5 は直径2.5mmの鋼を鑄包んだ鋼心鑄鉄(鑄鉄の体積率:76%)の熱膨脹曲線で(a)および(b)は加熱—冷却回数1回目と5回目の場合であつて Fig. 4 に示した鑄鉄単体の場合に比し変態にともなう膨脹、収縮現象は相当に抑制されている。Fig. 6 は直径4mmの鋼を鑄包んだ鋼心鑄鉄の熱膨脹曲線で(a)および(b)は加熱—冷却回数1回目と5回目の場合である。注目すべきことは鑄鉄、鋼が単独に示す明瞭な変態特性がこの組合せのときにはほとんど消失したことである。

鑄鉄と鋼の変態温度のづれ(加熱変態点はほぼ一致しているが、冷却変態点に差がある)と

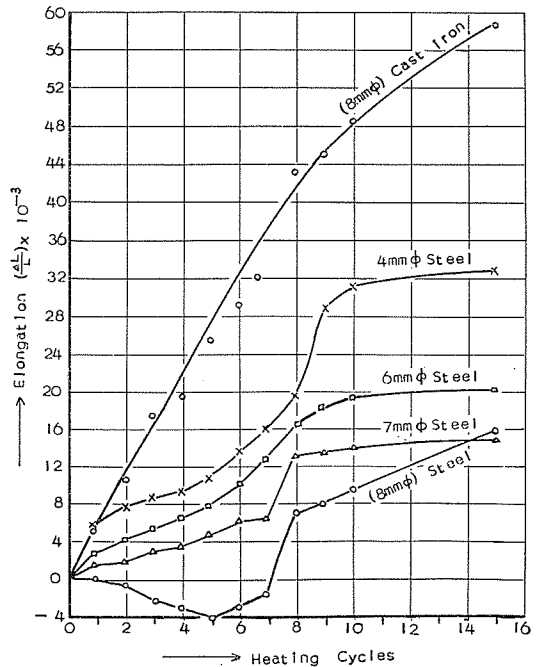


Fig. 3. Relations between elongation and number of repeated heating and cooling at air.

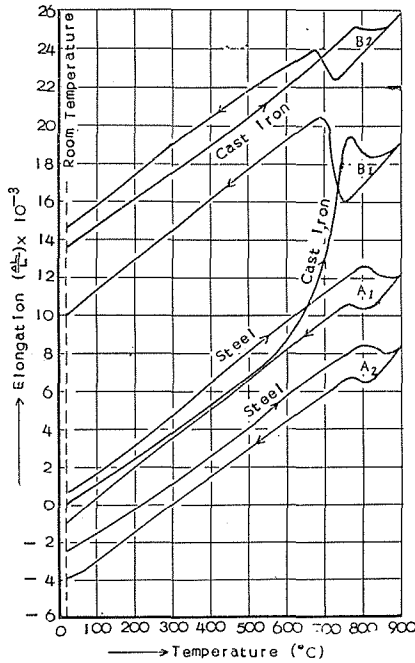


Fig. 4. Temperature-dilatation curves for steel (heating cycles:  $A_1=1, A_2=5$ ) and cast iron (heating cycles:  $B_1=1, B_2=5$ )

鑄鉄の繰返し加熱の初回において、600°C 附近からあらわれるセメントタイトの黒鉛化に基づく著しい膨脹が、そのときの両者の適当な断面積の割合である場合に丁度よい力を起してお互の変態と黒鉛化による膨脹、または変態による収縮が抗束し合い、このように個々の変態を示さない結果が得られたものと思われる。結局これは鋼も鑄鉄もその変態途中においては変形抵抗が極端に低下することから起る現象と考える<sup>5),6)</sup>。このことがとりも直さず鋼心鑄鉄の成長減少の原因である。

### 5. 結 言

鋼心鑄鉄の繰返し加熱による真空中および空气中における成長試験(長さの方向について)を鑄鉄と鋼の面積率を種々変化させて行ない、そのときの成長率変化と変態現象への影響をしらべて次の結果を得た。

- (1) 鋼心鑄鉄における鋼の面積率が真空中では 36%、空气中では 43% 程度になれば鑄鉄

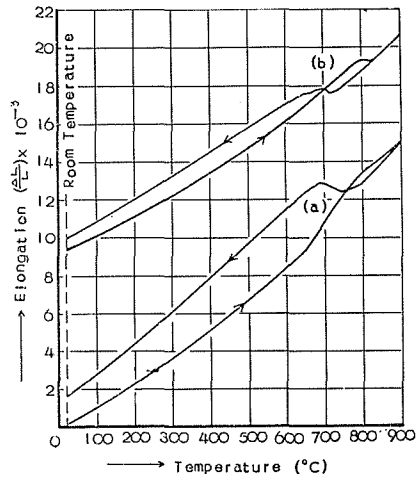


Fig. 5. Temperature-dilatation curves for 2.5 mm dia of the core steel (Specimen: dia. 5 mm, length 80 mm, volume ratio of cast iron 76%, Heating cycles:  $a=1, b=5$ )

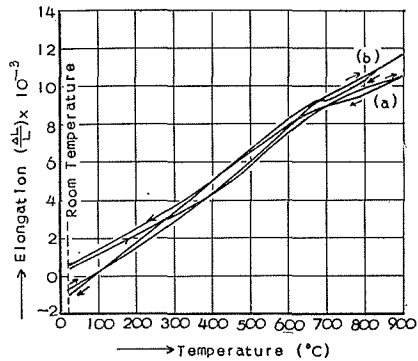


Fig. 6. Temperature-dilatation curves for 2.5 mm dia of the core steel (Specimen: dia. 5 mm, length 79.98 mm, volume ratio of cast iron 36%, Heating cycles:  $a=1, b=5$ )

の成長が著しく抑えられる。

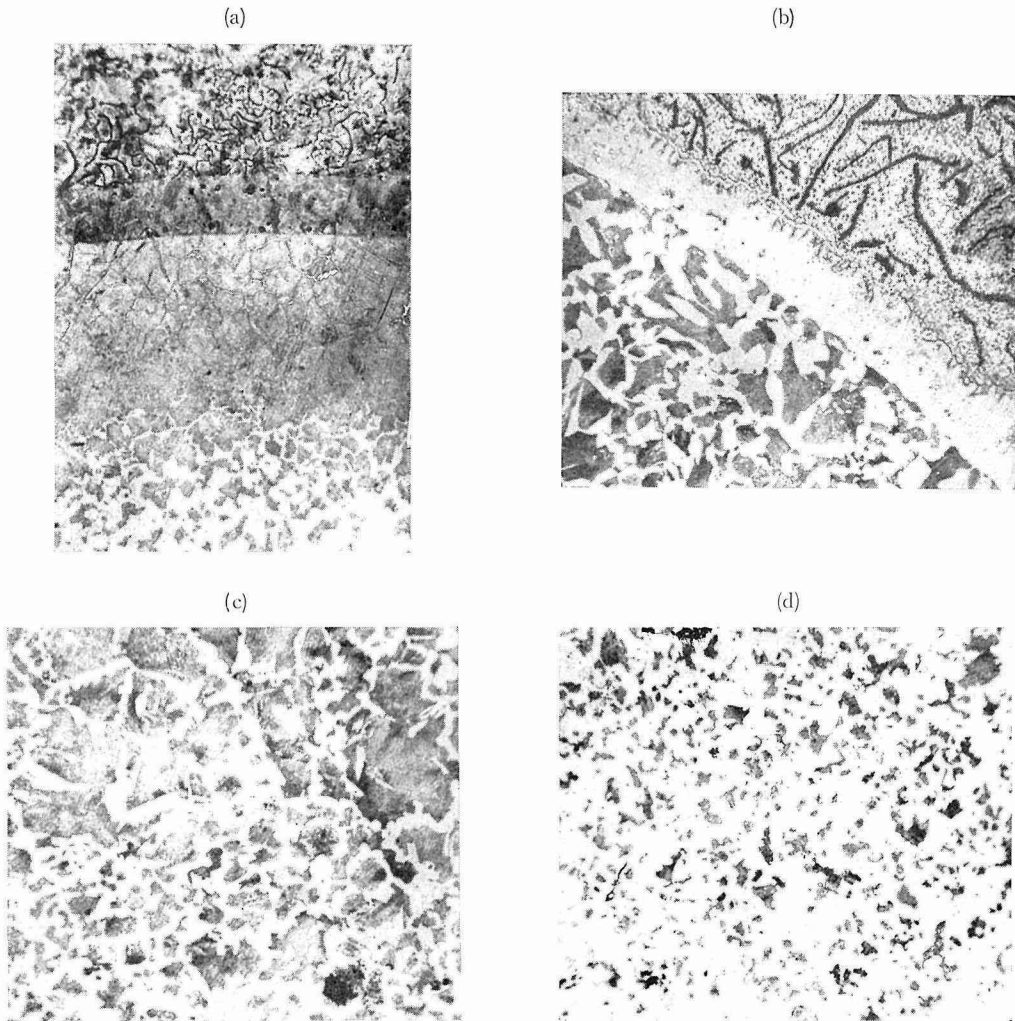
このような鋼心鑄鉄の非成長性は工業的に利用する途が一例えばインゴットケースの如き一考えられるのでその応用研究が望ましい。

(2) 真空中における熱膨脹試験で鑄鉄の面積率が36%程度になるとA<sub>1</sub>変態にともなう膨脹、収縮現象が消失し単純な加熱—冷却曲線となる。

最後に本研究に対して終始貴重な御助言と御検討を賜つた当学部教授萩原巖先生に厚く御礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) 長岡金吾：鉄鋼協会誌, **39**-11, 1250 (昭28-11).
- 2) 高橋忠義・萩原 巖：日本鑄物協会誌, **32**-3, 178 (1960).
- 3) 萩原 巖・高橋忠義：日本鑄物協会誌, **32**-4, 233 (1960).
- 4) 関口春次・郎稻垣道夫：日本金属学会誌, **19**-4, 290 (1955).
- 5) Sauver, A.: The Metallography and Heat Treatment of Iron and Steel, 5th Ed., 179 (1938), McGraw-Hill.
- 6) Dejong, M., and Rathenau, G. W.: Acta Metallurgical, **7**-4, 246 (1954).



**Photo. 1.** Microstructure of steel and cast iron in camlachie cramp specimen (7 mm  $\phi$  steel)

- (a) Boundary of steel and cast iron (as cast)
- (b) Boundary of steel and cast iron (heating cycles : 5)
- (c) Middle portion of steel (heating cycles : 5)
- (d) Central portion of steel (heating cycles : 5)