

# 鋼材中の P 偏析検出試験方法<sup>\*1</sup>

船橋 佳子<sup>\*2</sup> 松村 泰治<sup>\*3</sup> 北岡 英就<sup>\*4</sup> 針間矢 宣一<sup>\*5</sup>

## Methods for Detecting Phosphorus Segregates in Steel

Yoshiko Funahashi, Yasuharu Matsumura, Hidenari Kitaoka, Sen-ichi Harimaya

### 1 はじめに

近年における中心偏析対策の目覚ましい進歩と鉄鋼材料の多様化・高級化にともない、従来のサルファープリント法では、鋼片の中心偏析を検出・評価できない鋼種が増えている。しかし、需要家の要求レベルは年々高度化し、Sのみならず、P、Cなどの偏析も注目されるようになった。これらのニーズに対応し、品質保証体制をさらにレベルアップするため、当社では、鑄片の内質をP偏析により評価する方法を開発した。本報では、その概要、特長および実施例について紹介する。

### 2 Pプリント法の特長

#### 2.1 原理と方法

開発した方法によるプリント像をPhoto 1に、操作法の概略をFig. 1に示す。Pプリント法は、鋼材の被検面に腐食液を含浸させた試験紙を貼着してP偏析部を選択的に腐食し、被検面より溶出したP（あるいはFe）を試験紙上で呈色させようとするものである。使用する腐食・呈色液の種類により偏析像の色調を銀色（Silver法）、赤色（Red法）または青色（Blue法）に現出できる。

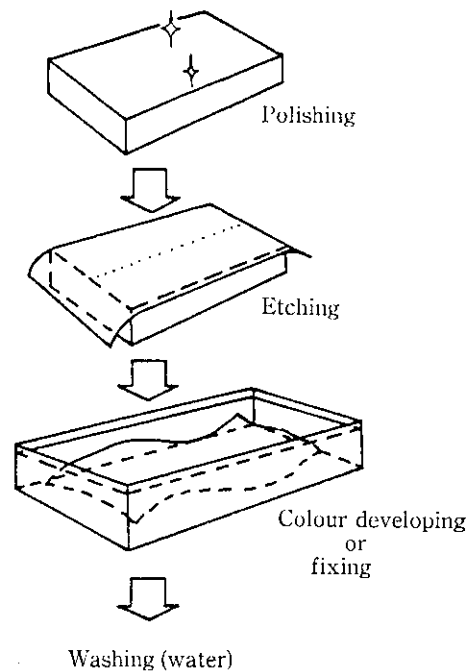


Fig. 1 Procedure of P print

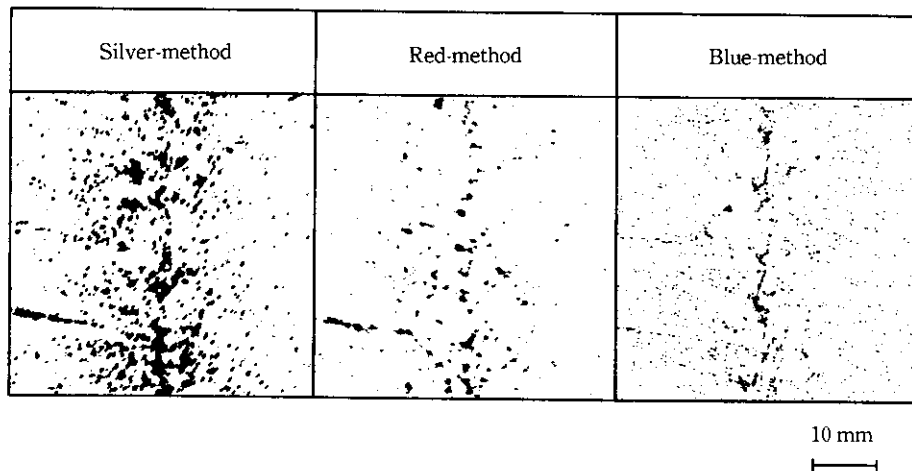


Photo 1 Examples of P print results of specimen cast by segregation simulator (midsection of CC slab, P=0.02%)

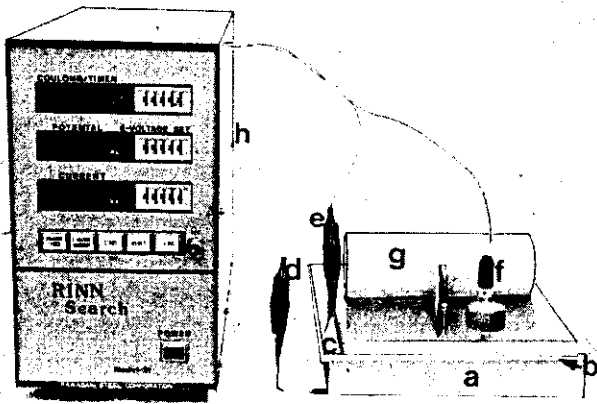
\*1 平成元年2月9日原稿受付

\*2 技術研究本部 計測・物性研究センター 主任研究員

\*3 技術研究本部 計測・物性研究センター 主任研究員

\*4 技術研究本部 プロセス研究部製鋼研究室 主任研究員

\*5 川鉄テクノリサーチ(株) 総合検査・分析センター 技術部長



a: Steel sample      e: Cathode terminal  
 b: Test paper      f: Reference electrode  
 c: Cathode plate    g: Pressure weight  
 d: Anode terminal    h: Etching apparatus

Photo 2 Etching Apparatus for P print

このうち、Blue法は、被検面の腐食方法を変えることによりステンレス鋼（サルファプリント法の適用困難）にも適用できる。すなわちステンレス鋼では、通常の化学腐食では酸化膜の生成により溶解が進まない。そこで、専用装置（Photo 2）を用いて被検面を定電位で電解腐食し、溶出したPを呈色させる。

## 2.2 特長

3種のPプリント法の特長を比較し、Table 1に示す。

いずれの方法も、粗研磨した被検面を簡単にしかも広い面積を評価でき、仕上りまでの所要時間は10~35分と短い。特に、Blue法は分解能・検出能に優れ、中心偏析はもとより凝固組織、ホワイトバンド、内部割れをも検出できる。

(a) Without EMS



(b) With EMS



10 mm

Photo 3 Prints of centerline segregation in a stainless steel slab cast with or without electromagnetic stirrer (specimen cast by segregation simulator, midsection of CC slab, P=0.025%)

Table 1 Characteristics of three P print methods

	Silver-method	Red-method	Blue-method
Applicable steel	Carbon	Carbon	Carbon Stainless
Detectability <sup>a)</sup>			
Macro segregation	○	○	○
Semi-macro segregation	△	×	○
Solidification structure	×	×	○
White band	×	×	○
Internal crack	△	×	○
Resolution <sup>b)</sup>	++	+	+++
Operation time (min)	20	10	35

<sup>a)</sup> ○ detectable, △ faintly detectable, × undetectable

<sup>b)</sup> + low, ++ intermediate, +++ high

ステンレス鋼では、電解腐食を用いるので、再研磨せずとも何回もプリントできる。また、電解時間・電流により溶解量を増大できるので、P含有量の低い鋼種にも適用できる。

## 3 実施例

铸件中心部の偏析軽減対策の評価にPプリント試験法を適用した。中心偏析シミュレーターを用いて鑄造した試験片についての実験結果を以下に示す。

### 3.1 電磁攪拌によるP偏析の低減

オーステナイト系ステンレス鋼の試験铸件について、凝固末期に電磁攪拌をかけた場合とかけない場合のPの偏析状況の違いをPhoto 3に示す。電磁攪拌をかけないと、スラブ内部にまでデンド

ライト組織が成長しており、中心部にPの濃厚偏析がみられる。電磁攪拌をかけた鋳片では、偏析形態はV状に変化し、小さく分散していることがわかる。

### 3.2 熱処理によるP偏析の低減と内部割れの改善

スラブ中心偏析部（C断面）から試験片3本を切り出し、1本は無処理のまま、2本は1050°Cまたは1250°Cで8時間の加熱を行い、空冷後、Pプリント試験を行った（Photo 4）。中心部のP偏析は加熱により軽減しており、高温加熱はPの拡散に有効であることがわかった。

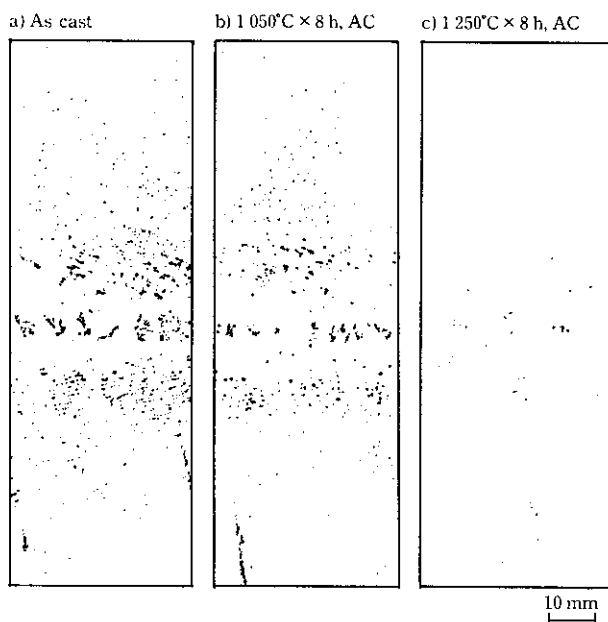


Photo 4 Prints of centerline segregation in a carbon steel before and after heat treatment (specimen cast by segregation simulator, midsection of CC slab, P=0.02%)

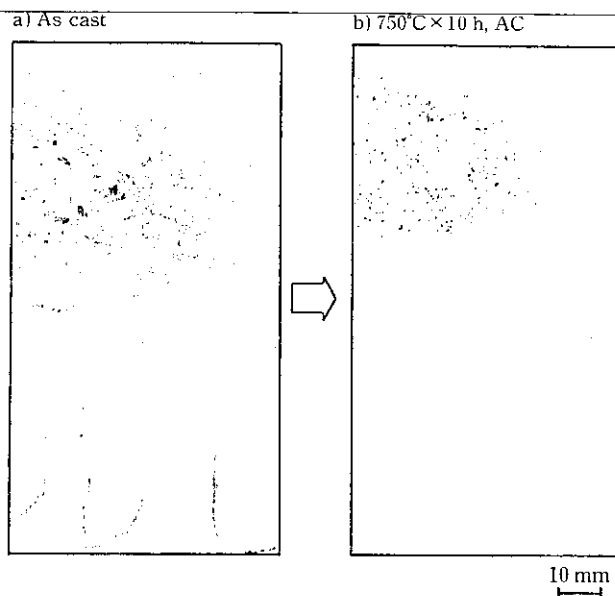


Photo 5 Prints of internal cracks in a stainless steel before and after heat treatment (specimen cast by segregation simulator, midsection of CC slab, P=0.02%)

マルテンサイト系ステンレス鋳片断面のPプリント試験結果をPhoto 5に示す。この試験片には、内部割れが観察される。しかし、750°Cで10時間の加熱処理を施した試験片には、内部割れは観察されず、加熱処理により消失・改善されていることが確認できた。

## 4 おわりに

Pの偏析状態は、鋼の組成や熱履歴と密接な関係を示している。当社の開発した方法は、Pそのものの偏析が検出できるので、偏析位置・程度と内部組織との関連を解析する上で有益な情報を収集できる。また、Sプリントでは評価できない鋼種にも有効に活用できる<sup>1)</sup>。

## 参考文献

- 1) 船橋佳子: 日本金属学会報, 26 (1987) 6, 517