

## 鑄鉄の黒鉛組織に及ぼす微量元素の影響 - こんな元素が鑄鉄鑄物をダメにする -

キーワード：鑄鉄、微量元素、ウィドマンステッテン黒鉛、黒鉛球状化不良、鉛、チタン

### はじめに

鑄鉄の機械的性質は、その黒鉛組織に大きく支配されます。黒鉛組織に最も大きく影響する因子に炭素、珪素量の基本的な組成がありますが、これらの元素の含有量は、それぞれ約3%や2%のオーダーです。しかし、非常に僅かな量で黒鉛組織を阻害し、機械的性質を著しく低下させる元素があります。微量元素の分析手法が確立されていない時期には、使用する原材料によって黒鉛組織が大きく変化したことから「鑄鉄の遺伝性、処女性」という言葉で表されていたほどに不思議な現象とされていました。しかし現在では、微量元素の影響について継続的な研究がなされた結果、その許容限界値も明らかにされ、組成管理を的確に行えば不良黒鉛を避けることが可能となっています。しかし、鑄鉄鑄物製造に使用する鉄スクラップ、輸入原料銑鉄の一部に黒鉛形状を不良にする元素が含まれる状況が多くなりつつあります。その結果、思わぬ時に不健全な鑄鉄組織になり、鑄造品が破損したという当所への相談事例が散見されます。今回、鉛とチタンの例について紹介します。

### 厚肉片状黒鉛鑄鉄鑄物中の微量の鉛

厚さ10から15cmを超える肉厚の亜共晶組成の片状黒鉛鑄鉄鑄物が稼働中に破断した事例です。これまでに納入した鑄造品では破断事故は発生していないのですが、今回納入したロットだけが稼働後短期間で破損に至ったとのことでした。顕微鏡組織観察を行うと、図1-aに示すようなずんぐりとした塊状の黒鉛が観察されます。一見すると過共晶組成の鑄鉄に存在するASTM分類のC型黒鉛のようにも見られますが、研磨を入念に施し、高倍率で観察すると図1-bに示すような細かな黒鉛が凝集していることが分かります。このような黒鉛は麦穂状黒鉛と称されているものです。また、さらにその付近を拡大すると図1-cに見られるように、ある規則性を持ってヒゲ状の薄い黒鉛が成長してい

ます。このような黒鉛はウィドマンステッテン黒鉛と呼ばれています。また、一部に片状黒鉛から突起している釘状の黒鉛も見られます。これらの麦穂状黒鉛、ウィドマンステッテン黒

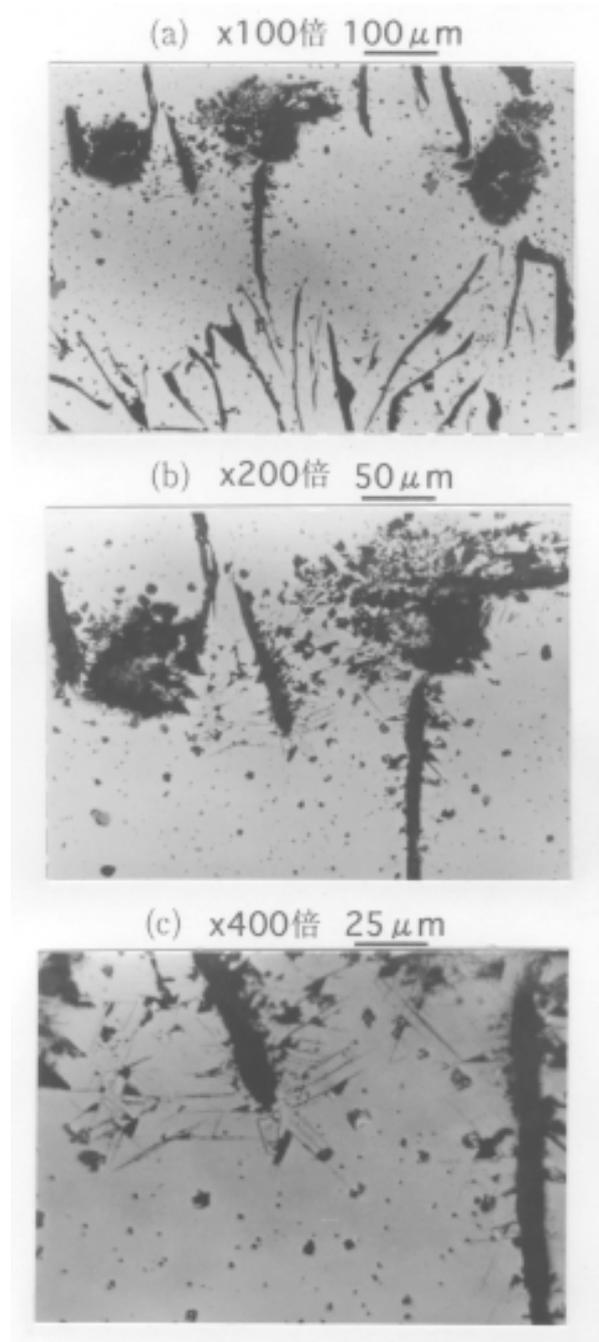


図1 厚肉鑄物に見られる異常黒鉛

鉛、釘状黒鉛は通常の鑄鉄では観察されない異常形態の黒鉛です。これらの黒鉛は、鉛やビスマスを含む溶湯が今回の厚肉鑄物のように非常にゆっくりと凝固した時に発生するとされています。これらの元素量を調べますと、0.025wt%の鉛が検出されました。参考までに炭素量分析に使用している鑄鉄の標準試料では0.000wt%Pbでした。このことから、今回の異常黒鉛の晶出は鉛の存在によるものと推察されま

す。機械的性質を調べますと、基地組織が全面パーライトにもかかわらず、ブリネル硬さは148HBS10/3000と低い値でした。鉛の存在により黒鉛形態不良が生じ、この結果低強度となり、破壊が生じたものと考えられます。鉛の出处については不明な部分が多いのですが、合金添加に用いた添加材の鉛量が高かったことによるものと考えられます。

#### 球状黒鉛鑄鉄鑄物中のチタン

球状黒鉛鑄鉄鑄物は鋼並の延びや強さを有する優れた鑄造材です。しかし、黒鉛球状化が低下すると、優れた特性が損なわれます。この黒鉛球状化不良の原因として残留マグネシウム量が肉厚（冷却速度）に応じた所定量よりも低くなった場合に発生するのがほとんどです。今回

の事例では、当初図2に示すような鑄物内部にチルが生じる逆チルが問題でした。組成分析した結果、残留マグネシウム量が0.047%と肉厚15mm程度の鑄造品では高過ぎ、球状化剤の過剰添加が逆チルの原因と考えられましたので、0.030%Mg程度になるように添加量を低減することを奨めました。その結果、0.029% Mgの適量となり逆チルは抑制できたのですが、図3に示すような黒鉛球状化不良が生じました。この残留マグネシウム量は通常の組成であれば十分に黒鉛が球状化する値であることから、微量元素の影響が考えられました。種々の元素について分析しますと、チタン量が0.203%であることが判明しました。このチタン量は、黒鉛球状化阻害が生じると言われているレベルです。通常の球状黒鉛鑄鉄では高くても約0.03%Ti以下です。この高チタン量の原因を調査した結果、輸入した原料用銑鉄のチタン量が0.310%と非常に高いものであったことによるものでした。鑄物用銑鉄のJIS規格G-2202では、球状黒鉛鑄鉄用銑鉄のチタン量について規定していませんが、球状化を妨げる元素として、その含有量を製造・購入者間で協定することができることになっています。特に、原料銑鉄の海外調達に当たっては、組成等の品質管理に十分な注意が必要と言えます。

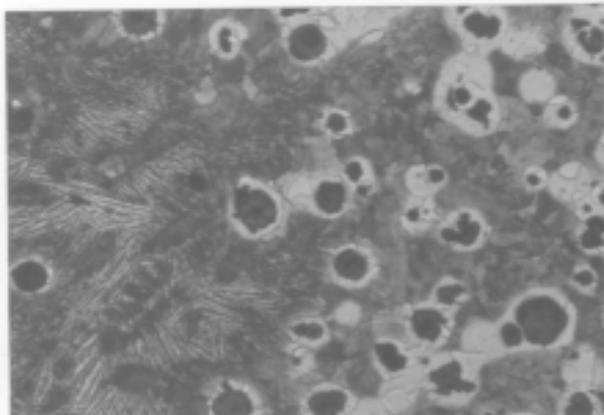


図2 鑄物内部に発生したチル/逆チル  
x100倍 100μm

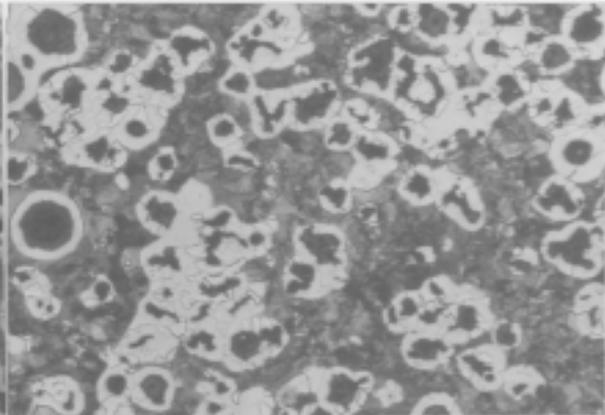


図3 チタンによる黒鉛球状化不良  
x100倍 100μm