

鋳物製品の内部欠陥の低減に関する研究（第3報）

大平 武俊、水谷 予志生、足立 隆浩

Study on Reduction of Internal Defects in Castings (III)

Taketoshi Ohira, Yoshiki Mizutani and Takahiro Adachi

鋳造時に砂型や中子から発生するガスに起因する内部欠陥の低減が望まれている。本研究では、昨年度開発した瞬間熱分解法を用いて粘結剤から発生させたガスの分析を行った結果、酸化雰囲気では1400℃・1000℃で二酸化炭素が発生し、不活性雰囲気では1400℃で水素・酸化炭素が主に発生し、1000℃では水素・酸化炭素に加え低級炭化水素やBTX類が発生した。また、粘結剤中の炭素元素は酸化雰囲気ではその多くが二酸化炭素となり、不活性雰囲気では一部は酸化炭素となるが、それ以外は炭化物や炭化水素になっていると考えられた。

1. はじめに

鋳物はその製造過程で“鋳巣（いす）”とよばれる内部欠陥（鋳物内部の気孔）が発生し、材料強度の低下や破損等に繋がる。また、機械加工後に内部に隠れた鋳巣が表面に現れることで外観不良となる等、鋳巣の発生は鋳物業界で長年の大きな課題となっている。この製造過程において、熔融した金属を流し込むための砂型や中空部を作るための中子は、砂を樹脂（粘結剤）で固めてあるため、高温の熔融金属からの熱伝導による加熱で樹脂が熱分解し、大量のガスが発生することで鋳物の内部に鋳巣を発生させる原因の一つとなっている。本研究では、この砂型や中子から発生するガスに起因する内部欠陥の低減のために、粘結剤からのガスの発生特性について検討する。

第1報¹⁾では、発生ガスの分析方法の確立と熱分析装置を用いた昇温熱分解法による発生ガスの分析を行った。しかし、実際の注湯時には、砂型および中子は高温の溶湯との接触や輻射熱により瞬時的に加熱されるため、昇温熱分解法では実際のガス発生状況を再現していないと考えたため、第2報²⁾では管状炉を用いて瞬間的に熱分解する機構を考案し、瞬間熱分解法による発生ガスの分析手法を確立した。本年度はその瞬間熱分解法を用いて、不活性雰囲気及び酸化雰囲気での粘結剤の瞬間分解およびそのガス分析を行ったので報告する。また、昨年度までには測定していなかった一酸化炭素についての分析法の検討とその分析結果を合わせて報告する。

2. 試験方法

2.1 瞬間分解方法

瞬間熱分解には、昨年度開発した瞬間分解装置を用いた²⁾。供試品としてコーテッドサンド2種類¹⁾（CS-A（以下A）、CS-B（以下B））各140mgを用いた。瞬間熱分解方法は、系内の残存酸素を極力減らして不活性雰囲気状態とするために真空ポンプ（アルバック機工（株）DAP-6D）で吸引後、ヘリウムガスを急速に充

填して置換する作業を10回繰り返した。その後、ヘリウムガスの流量を600 ml/minとし、30分以上雰囲気ガスを流して置換した後、三方コックで流路を切り替えて採取を開始し、10秒後にサンプルを炉心管中央に導入して70秒後に採取を終了した。酸化雰囲気はヘリウムガスと酸素ガス（エア・リキッド工業ガス（株）アルファガス②）を用いて同様に置換後、ヘリウムガスの流量570 ml/min、酸素ガスの流量30 ml/minの混合ガスを30分以上流した後、同様の試験をした。管状炉の設定温度は、1000℃、1400℃とした。

2.2 分析方法

一酸化炭素については、第1報での分析法では二酸化炭素・低級炭化水素とGC/MSで同時分析ができないことや、発生直後に測定することが望ましいことから、今回は燃焼排ガス分析計（（株）テストー testo340）を用いて発生直後の一酸化炭素を分析した。排ガスモニターは水素濃度が一定以上高い場合やヘリウムガスの濃度が高い場合には測定できないため、測定可能な濃度に高純度窒素ガスで希釈して測定した。

一酸化炭素以外では、水素・二酸化炭素・メタン・エチレン・BTX類・アンモニアの発生ガスについて捕集、分析を行った。捕集方法および分析法は第1報¹⁾のとおりとした。

3. 結果及び考察

3.1 瞬間熱分解発生ガス物質質量比較

水素・メタン・エチレン・一酸化炭素・二酸化炭素、BTX類・アンモニアの各瞬間熱分解温度における発生ガス物質質量を図1に示す。粘結剤の種類による差については、不活性雰囲気1000℃におけるアンモニアが、BはAの約1/2でその他は大きな差はなかった。

酸化雰囲気では二酸化炭素のみ検出され、その他は定量下限以下であった。

不活性雰囲気では、物質質量の合計は酸化雰囲気のそれに比べ1400℃で約1/2、1000℃で約1/4となった。不活

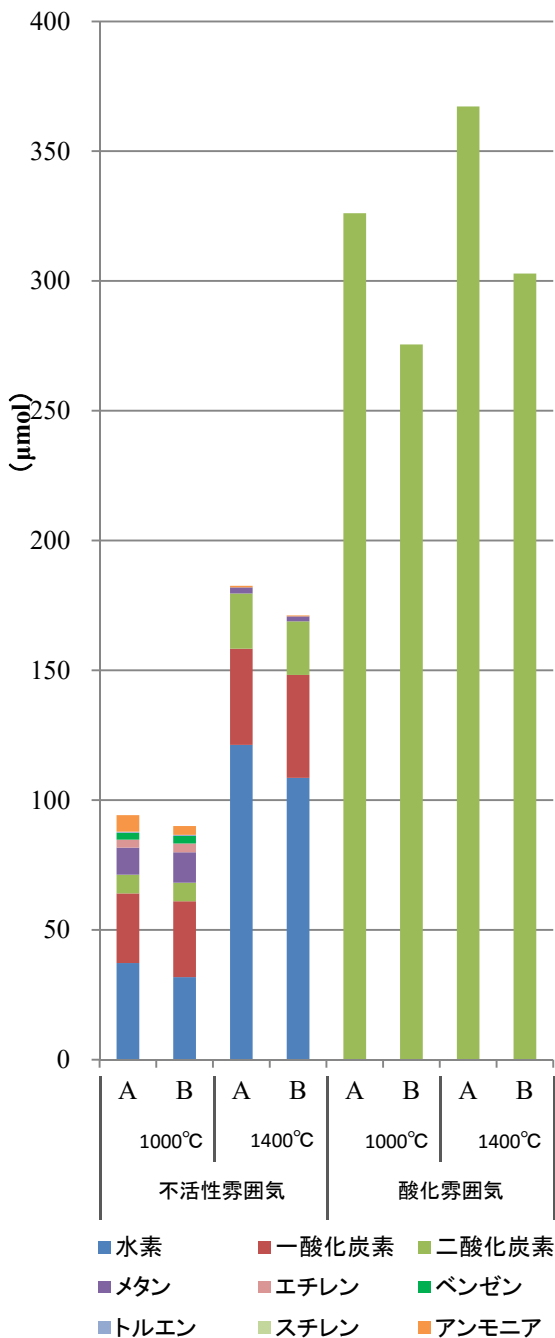


図1 瞬間熱分解発生ガス (物質質量)

性雰囲気での元素別の物質質量では、1400°Cで水素が最も多く約6割を占め、次いで一酸化炭素・二酸化炭素の順に多く、これらでほとんどを占めており、その他ではメタンやアンモニアが検出されたがエチレンや BTX 類は定量下限以下であった。また、1000°Cでは水素・一酸化炭素が各々約3割を占め、メタン・アンモニアは1400°Cより多く検出され、1400°Cで定量下限以下であったエチレン・ベンゼンも検出された。

酸化雰囲気では二酸化炭素のみ検出され、粘結剤の炭素成分はそのほとんどが1000°C・1400°Cでは燃焼によ

り二酸化炭素になったと考えられる。また、今回水については未測定のため推測ではあるが、酸化雰囲気では水素成分は燃焼により水になった可能性が考えられる。

それに対し、不活性雰囲気では温度により異なり、1000°Cでは1400°Cに比較して水素・二酸化炭素が少なく低級炭化水素・BTX類が多くなっており、これは1400°Cでは分解が進むが1000°Cでは高分子の分解途中の炭化水素が残るためと考えられる。

3.2 炭素元素、水素元素の物質質量比較

発生ガス中化合物に含まれる水素元素としての物質質量を図2に、炭素元素としての物質質量を図3に示す。

水素元素の物質質量は、酸化雰囲気では定量下限以下であるが、不活性雰囲気では1000°Cは1400°Cより約80μmol少なく、また、1400°Cでは水素ガスに含まれる水素元素がほとんどであるが1000°Cでは約1/2が炭化水素に含まれるものであった。

炭素元素の物質質量では、酸化雰囲気では二酸化炭素に含まれる炭素元素がすべてで、この酸化雰囲気での炭素元素の物質質量に対して不活性雰囲気での炭素元素の物質質量合計は約1/4と少なく温度による差も少ない。不活性雰囲気の炭素元素の物質質量は、1000°Cでは約1/2が酸化炭素に含まれるもので、残りは炭化水素に含まれるものとなっており、1400°Cではほとんどが酸化炭素に含まれるものとなっている。粘結剤は高分子化合物であるので炭素元素の物質質量に対する水素元素の物質質量比はおおよそ2以下であり、1400°Cで測定された酸化炭素の炭素元素の物質質量に対する水素ガスの水素元素の物質質量比はおおよそ4となっているので、少なくともその差の水素元素と結合していた炭素元素は熱分解によって炭化物となっていると考えられる。

それに対し、不活性雰囲気の水素元素の物質質量は1000°Cでは1400°Cに比べ少ない。この分の水素元素は測定されていない化合物として存在しているということになるので、水の可能性もあるが不活性雰囲気であることやエチレン・BTX類が検出されていることも併せると、この水素元素分は測定されていない高級炭化水素の状態である可能性が考えられる。

つまり、粘結剤中の炭素元素は、酸化雰囲気ではその多くが二酸化炭素となり、不活性雰囲気では、一部は酸化炭素となるが、それ以外は炭化物や炭化水素になり、特に1400°Cでは炭化物に、1000°Cでは炭化水素になっている可能性が考えられる。

4. まとめ

粘結剤の瞬間熱分解における発生ガスの分析を行った。酸化雰囲気では1400°C・1000°Cで二酸化炭素が発生し、不活性雰囲気では1400°Cで主に水素・酸化炭素が発生し、1000°Cで水素・酸化炭素に加え低級炭化水素やBTX類が発生した。また、粘結剤中の炭素元素は酸

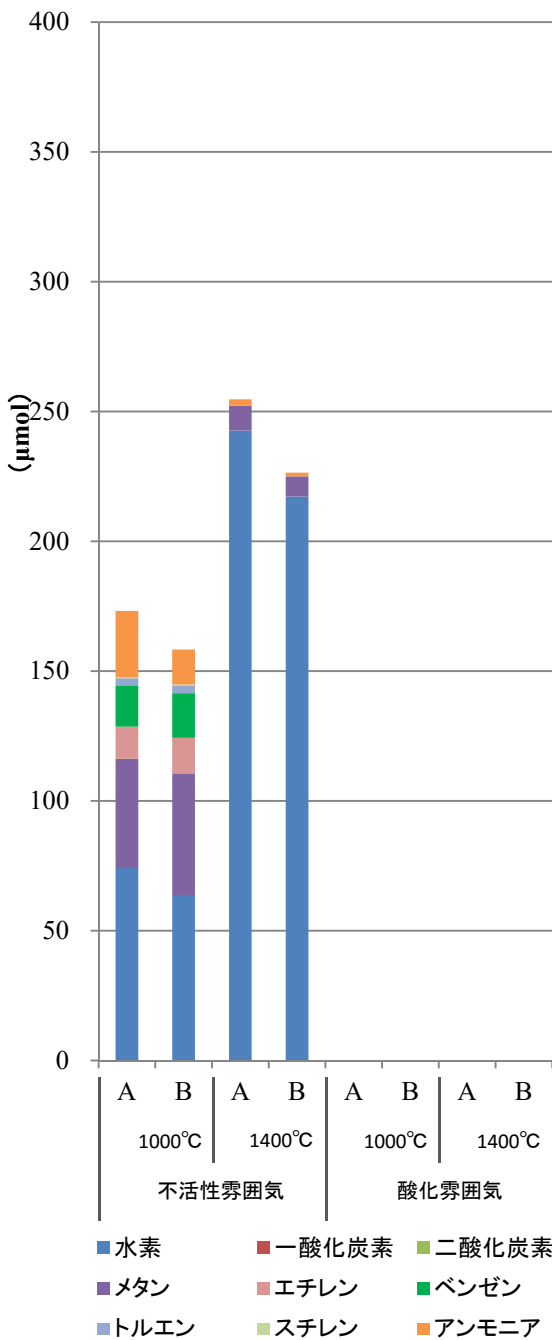


図2 瞬間熱分解発生ガス中の水素元素の物質質量

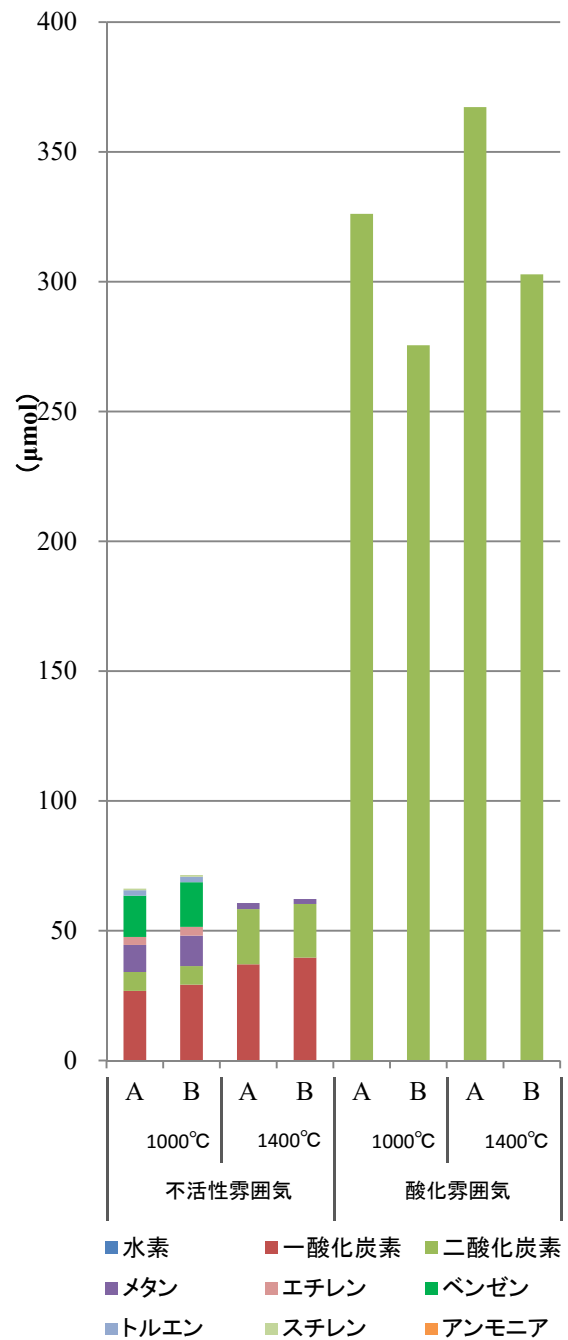


図3 瞬間熱分解発生ガス中の炭素元素の物質質量

化雰囲気ではその多くが二酸化炭素となり、不活性雰囲気では一部は酸化炭素となるが、それ以外は炭化物や炭化水素になっていると考えられる。

【謝 辞】

本研究に際し、試験体を提供いただきました株式会社マツバラ、株式会社瓢屋に対し感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 大平ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 No.2, pp19-22,2014
- 2) 大平ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 No.3, pp20-23,2015