



凍結鋳型鋳造プロセスを利用した鋳造材料開発に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学地域共同研究開発センター 公開日: 2016-12-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 清水, 一道, 田湯, 善章 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009099

凍結鋳型鋳造プロセスを利用した鋳造材料開発に関する研究

材料物性工学科 准教授 清水 一道
材料物性工学科 助教 田湯 善章

1. 緒言

近年、環境負荷の少ないリサイクル型社会の構築が強く求められている。従来より鋳造品の再生が可能なリサイクル型を形成している鋳物業界においては、作業環境の改善や環境問題への対応が重要視されている。これまでの鋳型の造型法として、生型、CO₂型等が用いられているが、砂に粘結剤や硬化剤などを添加しているため、産業廃棄物として、多量の砂が発生する。そこで、本研究では、次世代型鋳造法である凍結鋳型鋳造法に着目した。凍結鋳型鋳造法は、水と砂だけで鋳型を作製する鋳造法である。砂を込めた鋳型を-40℃に保持した凍結庫内の減圧吸引装置にて急速凍結し、凍結後抜型し、鋳型を完成させる。この鋳型は、注湯後、熱によって自然崩壊を起こすため、型ばらし、砂落としが容易で、騒音、粉塵、振動がほとんど発生しない。これらのことより、作業環境の改善ができる。また、使用した砂はそのまま再利用できるため、産業廃棄物排出の低減にもつながる。さらに、湯流れが非常に良好で、押湯量を大幅に削減できる。このことより歩留まりの大幅な改善が期待できると報告されている。そこで、実際に凍結鋳型と従来鋳型との湯流れ性を比較し、検証を行った。比較対象には生型およびCO₂鋳型を用いた。模型には、全長1020mmの蚊取り線香を用いた。また、高さ100mm、断面積1480mm²の湯口棒を用い、蚊取り線香の中心に湯口を設けた。凍結鋳型作製の際の凍結条件は、凍結庫内温度-35.0~-40.0℃、ブロー運転時間10minとした。溶湯には、球状黒鉛鋳鉄(FCD)を用いた。中心からの長さによって定量化を図った。実験結果をFig.1に示す。この結果、凍結鋳型の流動長が最も長く、従来鋳型に比べ湯流れ性が良好であることが確認できた。しかしながら、凍結鋳型鋳造法を用いて作製した鋳物の機械的性質に関する報告は数少なく、特に強度部材に不可欠な疲労強度に関する報告はほとんどされていない。そのことを踏まえ本研究では、凍結鋳型鋳造法を用いて作製した球状黒鉛鋳鉄(FCD)の機械的性質を明らかにし、従来法で作製したFCDの機械的性質と比較、検討し、その可能性について報告する。

2. 実験方法

供試材には、従来法の生型、CO₂型および凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCDを用いた。それぞれの供試材について、引張試験、硬さ試験、衝撃試験および疲労試験を行った。引張試験、硬さ試験および衝撃試験は、

JIS Z 2241, 2243, 2244, 2245 および 2242 に乗っており、疲労試験は、平面曲げ疲労試験機を用い実験を行った。疲労試験片は最小部幅20mm、厚さ3mmの平板試験片とした。実験条件は、応力比-1、周波数20Hzの正弦波荷重で行った。最大繰返し数は10⁷とし、未破断であった試験片の応力を疲労限度 σ_w とした。試験環境は室温、大気中で行った。

3. 実験結果および考察

各種鋳造法で作製したFCDの引張試験、硬さ試験および衝撃試験の結果をTable 1に示す。凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCDと従来法で作製したFCDの引張強度、硬さおよび衝撃強さに、差異は見られず、同等の値を示した。また、疲労試験で得られた各種鋳造法でのFCDのS-N線図をFig.2に示す。凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCDは、疲労限度 $\sigma_w=195\text{MPa}$ 、生型で作製したFCDは、疲労限度 $\sigma_w=200\text{MPa}$ 、CO₂型で作製したFCDは、疲労限度 $\sigma_w=135\text{MPa}$ であった。凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCDの疲労強度は、生型で作製したFCDと同等の値を示し、CO₂型で作製したFCDよりも高い値を示した。その理由を考察するため、組織観察を行った結果、凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCDと生型で作製したFCDの基底組織に大きな差異は見られなかった。一方、CO₂型で作製したFCDの組織には、部分的にレデブライト組織が観察された。このため、CO₂型で作製したFCDは凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCDよりも低い疲労強度を示したと考えられる。つまり、疲労強度は、基底組織に大きく依存する。凍結鋳型鋳造法において以前より心配された組織のチル化は起きず、健全な組織が得られることも明らかにした。次に、最も高サイクルで破断に至った試験片の破面観察を、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて行った。破面観察の結果確認された疲労破面を、Fig.3に示す。その結果、凍結鋳型鋳造法を用いて作製したFCD、生型およびCO₂型で作製したFCDのどの試験片の破面においても疲労破面の特徴である縞状模様が観察され、差異は見られなかった。

凍結鋳型鋳造法により作製した鋳鉄は、強度的に問題ない。このことより、今後、従来の鋳造法で作製されている鋳造製品への適用が期待される。実際に銅合金(CAC406)を用いて、中子への適用性を検証した結果をFig.4およびFig.5に示す。凍結鋳型鋳造法で作製した中子は、型バラシの際、すぐ崩壊し中子製品への適用が確認できた。

	Frozen mold	Green sand mold	CO ₂ process mold
Macro photograph			
Pouring temperature (°C)	1354	1349	1343
Flow length (mm)	856	297	287

Fig.1 Result of fluidity test

Table 1 Mechanical properties

		Tensile strength σ_B (MPa)	Elongation ϕ (%)	Brinell hardness HB	Charpy impact value C(kJ/m ²)
Frozen mold	1	599	10.8	168	87.4
	2	519	7.5	163	71.8
Green sand mold	1	629	9.3	171	75.1
	2	515	6.2	171	71.8
CO ₂ process mold	1	574	6.2	172	61.6
	2	-	-	-	-

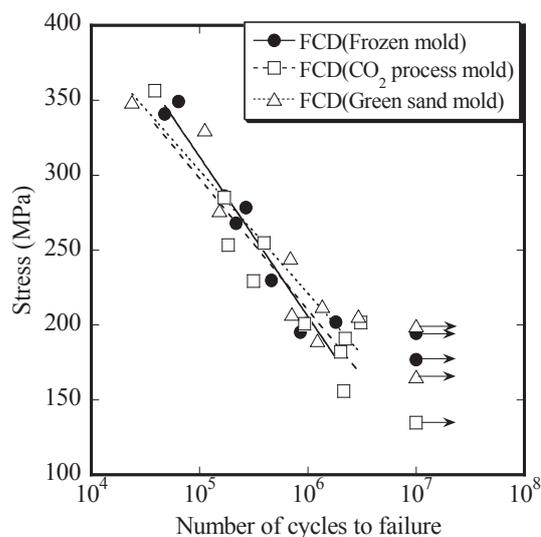


Fig. 2 S-N diagram of FCD made by various mold

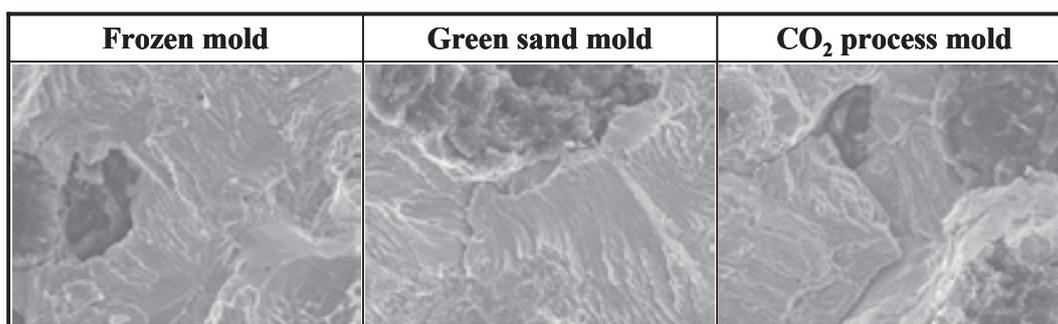


Fig. 3 SEM of fracture surface of FCD made by various mold



Fig. 4 Frozen mold and frozen core

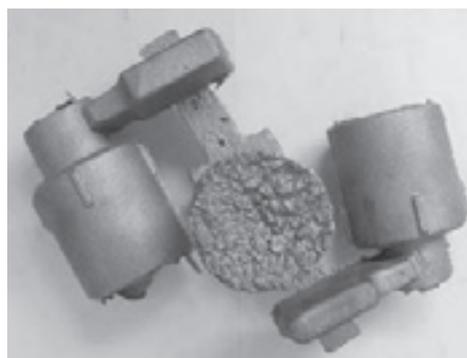


Fig. 5 Completed product