

傾斜冷却板を用いて鑄造した AC4C 合金の機械的性質と組織

日大生産工(院) 森田 孝洋
日大生産工 星野 和義, 大谷 利勝
日大生産工 P.D. 中川 一人

1. 緒言

ダイカスト製品の鑄造欠陥を減少させるには半凝固加工法が有効であり,半凝固加工した製品の機械的性質はダイカスト製品に比べ向上するとされている.しかし,半凝固製品はダイカスト製品に比べ価格が高い.半凝固加工法は固相と液相が共存したスラリー状の溶湯を注湯するのでスラリーの流動性を確保する必要があり,凝固中の固・液共存域で機械的攪拌や電磁振動などを与え,樹枝状晶を分断し,結晶粒の粒状化を行っている.この工程があるため,半凝固製品の価格が高くなる.スラリーを安価に製作することができれば半凝固製品の価格を下げることができる.

本研究は機械的攪拌や電磁攪拌などに比べ設備が簡単である傾斜冷却板を用い,冷却板上に晶出した結晶を溶湯の流れで剥離し,結晶粒を粒状化させ,金型にスラリーを射出する鑄造法について検討した.AC4C 合金を傾斜冷却板上に流し,傾斜冷却板角度,傾斜冷却板上に流す溶湯の温度(以下,注湯温度),溶湯と傾斜冷却板の接触長さを変え,ダイカスト機で試料を作製した.得られた試料の機械的性質および組織について調べた.

2. 実験方法

供試材には鑄造性が良好な AC4C 合金を用いた.また,傾斜冷却板は純銅製とし,断面形状は凹状で長さ 440mm,幅 30mm,溝部高さ 20mm,底板を水冷した.なお,晶出した固相粒子の剥離を円滑にするため冷却板表面には

BN(ボロンナイトライド)を塗布した.傾斜角度は 20°,40°および 60°,冷却板と溶湯の接触距離は 200mm および 400 mm,傾斜冷却板に流した溶湯の温度は 923K,953K,および 973K とした.また,ダイカストのスリーブは 473K,金型は 373K に予熱した.溶湯を冷却板上に流し,横型コールドチャンバー式ダイカスト機の挿入口に導入し,プランジャで溶湯を金型に射出して試料を作製した.なお,射出圧力は 21Mpa,射出速度は 250 mm/s とした.

Fig.1 に鑄造した試料の形状と組織観察した位置を示す.得られた試料の鑄造組織および機械的性質に及ぼす傾斜角度,注湯温度の影響について調べた.また,傾斜冷却板の溶湯流出部直下に熱電対を取り付け,スリーブ内に流入する溶湯の温度を調べた.

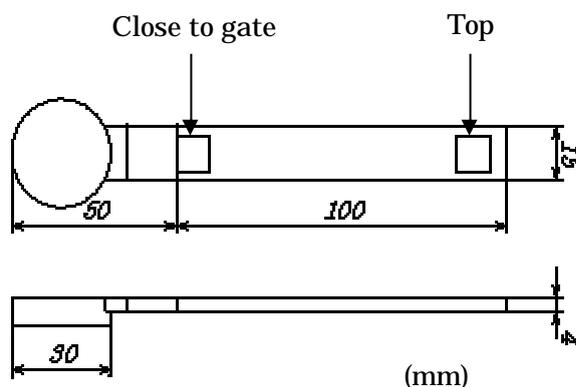


Fig. 1 shape of specimen.

3. 実験結果及び考察

3-1 組織観察

Fig. 2 に接触距離 400 mm, 注湯温度 923K および 973K, 傾斜角度 20°, 40° および 60° の条件で製作した試料のゲート近傍の組織を示す. いずれの傾斜角度においても注湯温度 973K では初晶は樹枝状晶であった. これは注湯温度が高いので冷却板上で初晶の晶出が少ないため樹枝状晶になったと考える. 注湯温度 923K では, 傾斜角度 40°, 60° は冷却板上に晶出した初晶が剥離し, 鑄型内に流入したため初晶は粒状化したと考える. また, 初晶の粒状化は, 傾斜角度 60° の方が, 40° より顕著であった. 一方, 傾斜角度 20°, 注湯温度 923K では樹枝状晶となった. これは傾斜角度が小さく, 注湯温度が低いため冷却板上に凝固層が形成され, 溶湯はこの凝固層上を通過し初晶の剥離が生じなかったため, 初晶が樹枝状晶になったと考える.

3-2 引張試験

Fig. 3 および Fig. 4 に引張試験結果を示す. 傾斜角度 60° では, いずれの接触距離においても注湯温度の低下に伴い引張強さがわずかに大, 伸びは大となった. 40° では, 接触距離 400mm の場合, 引張強さ, 伸びとも注湯温度の低下に伴いわずかに大となった. これは注湯温度の低下の伴い流入固相率が高くなり粒状化した組織となったためと考える. 200mm では引張強さ, 伸びとも注湯温度による顕著な相違は認められなかった. 20° では, 引張強さおよび伸びとも接触距離, 注湯温度による顕著な変化は認められなかった. これは初晶が樹枝状晶になったためと考える.

3-3 ダイカスト法と傾斜冷却法で得られた製品の組織

Fig. 5 にダイカスト法と傾斜冷却板を用いた鑄造法で得られた試料の組織を示す. 傾斜冷却板を用いた鑄造法で得られた試料の実験条件は, 傾斜角度 60°, 接触距離 400mm, 注湯温

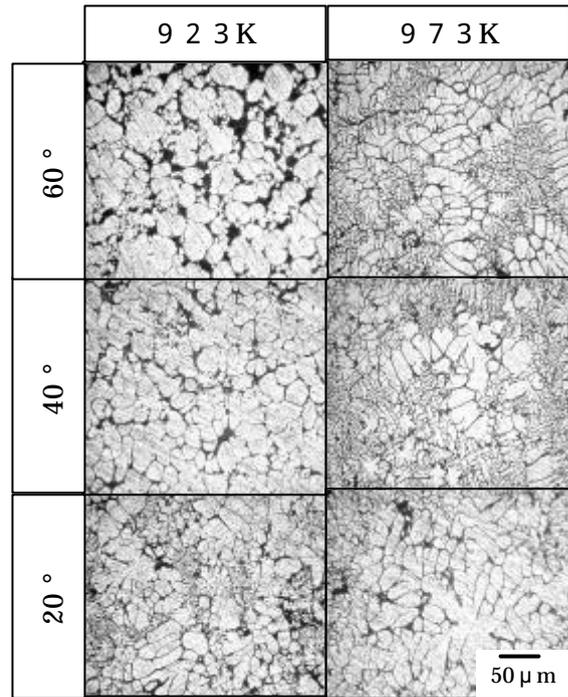


Fig.2 Effect of inclined angle on the microstructures of AC4C alloy.

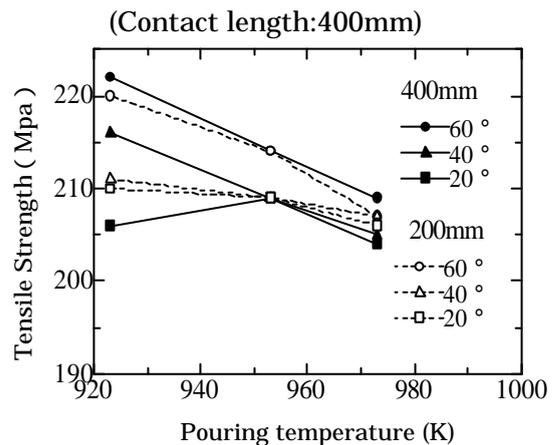


Fig.3 Effect of pouring temperature on Tensile strength and Elongation.

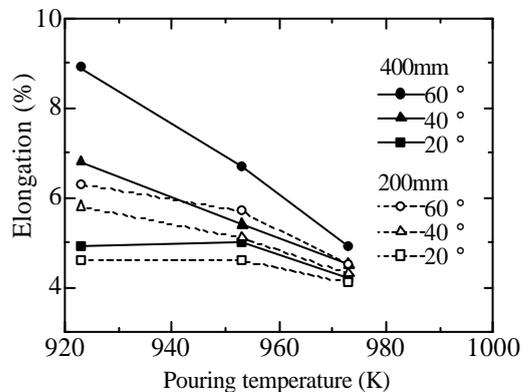


Fig.4 Effect of pouring temperature on Elongation.

度 923 K の場合を示す .ダイカスト法と傾斜冷却板を用いた鑄造法の組織の比較を行うため金型に射出した温度を同一温度にした .すなわち ,傾斜角度 60 ° ,接触距離 400mm ,注湯温度 923 K で傾斜冷却板に注湯した時のスリーブ流入温度が 876K であったので ,876K でダイカスト製品を製作した . 876K で注湯したダイカスト製品は先端部もゲート部近傍もデンドライト状の 相であった . 相粒径はゲート部近傍の冷却速度が小であるため ,先端部では 54.98 μ m ,ゲート部近傍では 62.93 μ m となった .傾斜角度 60 ° ,接触距離 400mm ,注湯温度 923 K で注湯した製品の 相は球状化していた .

3 - 4 ビッカース硬さ試験

Fig.6 に硬さと注湯温度の関係を示す .傾斜角度 40 ° および 60 ° とともに注湯温度の低下とともに若干硬さは大となる傾向が認められた .これは ,注湯温度の低下に伴い流入固相率が高くなるため注湯温度が低いほど結晶粒が微細化したためと考える .傾斜角度 20 ° では硬さはいずれの注湯温度においても約 70HV 10 の値となった .

3 - 6 推定流入固相率

Table1 に傾斜角度 20 ° ,40 ° ,および 60 ° ,注湯温度 923 ,953 ,および 973K ,冷却板との接触距離を 200mm および 400mm としたときのスリーブに流入する溶湯の温度測定結果から求めた推定流入固相率を示す .傾斜角度が小さく ,注湯温度が低いほど流入固相率は高くなった .これは傾斜角度が小さいほど傾斜冷却板との接触時間が長くなるためと考える .なお傾斜角 20 ° ,冷却板との接触距離 400mm ,注湯温度 923K では冷却板上に安定な凝固層が形成され ,溶湯は凝固層上を通過したため固相率は求めなかった .傾斜冷却板上に凝固層が生じた条件を × ,凝固層が生じなかった条件をとした場合 Table2 に示すように傾斜角度が小さいと ,低い注湯温度で凝固層の生成が認めら

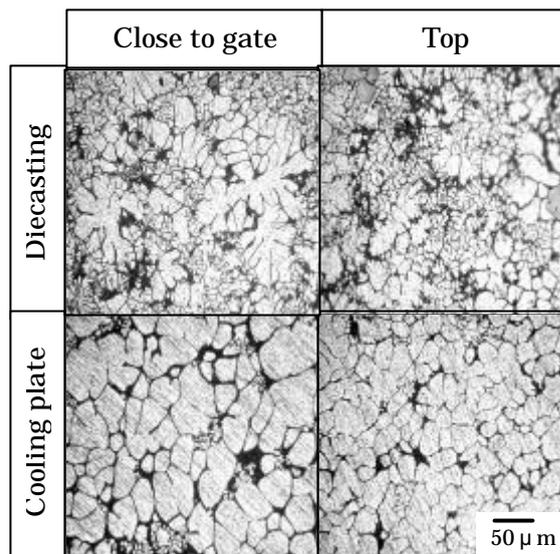


Fig.5 Microstructures of AC4C alloy.

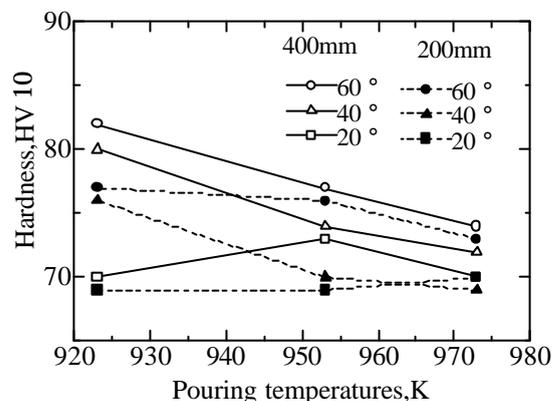


Fig.6 Effect of pouring temperature on the hardness.

Table1 Volume fraction of solid in molten metal flow to mold of AC4C Alloy.(%)

	200mm			400mm		
	20 °	40 °	60 °	20 °	40 °	60 °
923K	46.67	44.33	7		65.33	30.33
953K	18.67	9	0	44.33	30.33	0
973K	0	0	0	7	1.67	0

Table2 Observed of solidified shell. (contact length 400 mm)

	20 °	40 °	60 °
923K	×		
953K			
973K			

れた。以上のことより、鋳塊を連続的に作製するためには、傾斜角度 20° は適切でないと考えられる。

3-7 接触距離の影響

Fig.7 に傾斜角度 40°、注湯温度 923K および 953K、冷却板と溶湯との接触距離 200mm および 400mm の組織を示す。いずれの注湯温度においても接触距離が 200mm に比べ 400mm の方が相は粒状化していた。これは接触距離 400mm の方が 200mm に比べ接触距離が長くなるため、傾斜冷却板から剥離した初晶が多く流入するためと考える。

3-8 流入固相率と相粒径の関係

Fig.8 に流入固相率と相の粒径との関係を示す。相の粒径は傾斜冷却板との接触距離の相違に関わらず、流入固相率が高くなるほど相の粒径は大きくなった。これは流入固相率が高いほど、鋳型に流入する溶湯温度が低くなり、冷却速度が小となるためと考える。

3-9 流入固相率と相円形度の関係

Fig.9 に流入固相率と相の円形度との関係を示す。相の円形度は傾斜冷却板との接触距離による大きな影響はみられず傾斜角度が大きいほど円形度が高くなった。これは傾斜冷却板上で晶出した初晶は傾斜角度が大きいほど溶湯の流動によりせん断力を多く受けるため球状化したと考える。傾斜冷却板と溶湯との接触距離は、相の分離・粒状化にはあまり影響を与えないと考える。

相におよぼす注湯温度、傾斜角度、溶湯と冷却板との接触距離の影響について調べた結果、スリーブへの流入固相率が高いほど相は粒状化し、傾斜角度が大であるほど相の円形度は大となることが明らかになった。

4. 結言

本研究により以下の結論が得られた。

1) 傾斜冷却法で製作した半凝固加工製品は、ダイカスト法で製作した製品に比べ組織は粒状化した。

2) 注湯温度が低い場合、初晶は球状化し、傾斜角度が大きいほど球状化した。

3) 初晶相が微細な粒状であるほど引張強さは大となった。

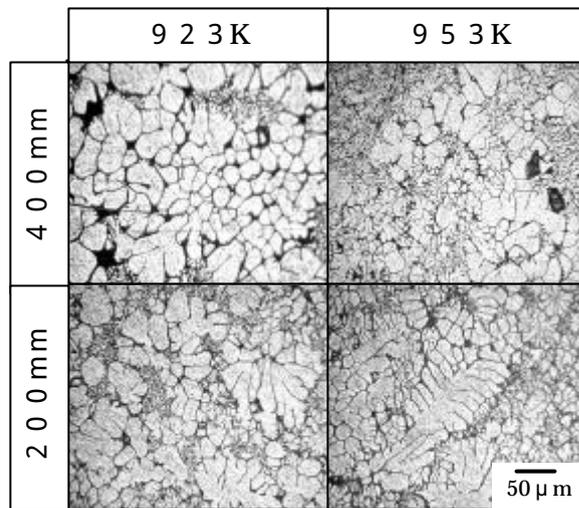


Fig.7 Effect of inclined cooling plate length on microstructures of AC4C alloy. (inclined angle:40°)

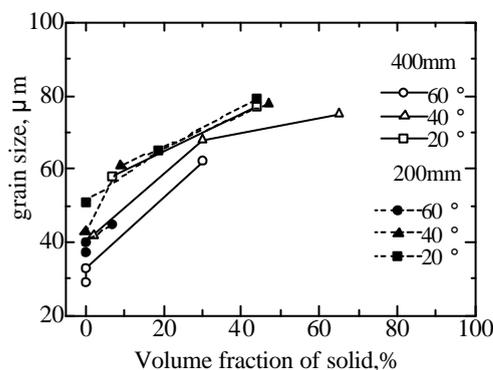


Fig.8 Effect of inclined cooling plate length on grain size of AC4C alloy.

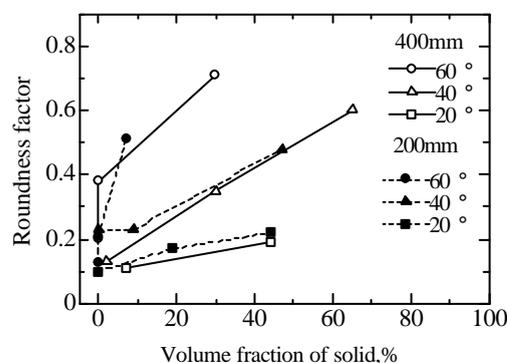


Fig.9 Effect of inclined cooling plate length on roundness factor of AC4C alloy.