1-23

傾斜冷却板を用いたADC10合金の鋳造組織

日大生産工（院）　○松本　渉
日大生産工　星野　和義　　中川　一人

1. 緒言

半凝固鋳造法は固液共存状態で攪拌や振動を与え，樹枝状晶を分断して粒状化し，溶湯の流動性を回復させて金型に鋳込む方法である．ダイカスト鋳造法に比べて鋳込み温度を低くすることができるため，凝固収縮が少なくなり引け巣や空気の巻き込みによる巣などの鋳造欠陥の発生を少なくすることができ，寸法精度の向上および金型寿命の延長などの利点があげられる．

固液共存状態の半凝固スラリーを作製する方法には，機械攪拌や電磁攪拌を用いることが実用化されているが，これらの方法は設備の大型化，高コストなどの問題点がある．この問題点を解決する方法の一つとして傾斜冷却板を用いる方法がある．この方法は，溶融金属を傾斜冷却板上に流下させて冷却板上に初晶を生成し，この初晶を強制流動によって遊離させ粒状の固相を有する半凝固スラリーを作製するというものであり[1)]，設備が簡便でコストが削減できる．

この傾斜冷却板を用いた方法でAC4CH合金(液相線温度897K，固相線温度828K)，7075アルミニウム合金（液相線温度 897K，固相線温度 828K）の鋳造組織を微細化できることが報告されている[2)~4)]．

そこで本研究ではAC4CH合金，7050アルミニウム合金より固液共存領域が狭い亜共晶組成の ADC10 合金を傾斜冷却板を用いた半凝固鋳造法で実験を行い，結晶粒が粒状化および微細化する条件を見出すことを目的とした．

2. 実験方法

本実験では ADC10 合金を使用し，その冷却曲線を調べた結果，液相線温度 863K および固相線温度 839K であった．

抵抗式電気炉にて溶解した 3Kg の ADC10 合金を自動注湯機に取り付けたラドルに移し，水冷された傾斜冷却板上に流し，金型に注湯した．金型は厚さ 12mm の SS410 を用い，内寸 87mm×160mm×87mm とし，鋳塊を作製した．

金型はガスバーナーで所定の温度に上昇させ，金型周囲を断熱材(イビウール)で覆った．

傾斜冷却板は厚さ 4.5mm，長さ 500mm および幅 80mm の SS410 製とし，その表面には初晶の剥離を向上させるためボロンナイトライドを塗布した．

傾斜板上の注湯部および排出部付近に線径

Table 1　Experimental condition.

Pouring temperature, T(K)	883, 903, 923
Contact distance, L(mm)	150, 250, 350
Angle of a slope cooling plate, α (°)	30, 45, 60
Temperature of metal mold(K)	353, 473, 623

Casting Structure of ADC10 Alloy by Slope Cooling Plate

Wataru MATSUMOTO, Kazuyoshi HOSHINO and Kazuto NAKAGAWA

0.32mm の K 型熱電対を設置し，溶湯の冷却板への流入温度および金型への流入温度を測定した．

また，傾斜冷却板に付着した ADC10 合金を付着量として測定した．

実験条件は Table 1 に示すように注湯温度（883K，903K および 923K），傾斜角度（30 度，45 度および 60 度），接触距離（150mm，250mm および 350mm），金型温度（353K，473K および 623K 付近）を変化させ実験を行い，初晶が粒状かつ微細化する条件を調べた．また比較として，傾斜冷却板を使用せず注湯温度 863K で直接金型に注湯した鋳塊を作製した．

得られた試料のミクロ観察を行うため，作製した鋳塊の中央部分を厚さ 10mm で切断し，Fig. 1 に示した部分を 10mm×10mm に切り出し研磨および Villela 試液で腐食し，顕微鏡観察を行った．また，鋳造組織の粒状化および微細化を調べるため組織を写真撮影し，その写真をもとに Win Roof で画像解析し，50 個以上の初晶の円相当径および円形度を調べ，その平均値を平均結晶粒径および円形度係数とした．円形度係数は 1 に近づくほど真円である．

3. 結果および考察

3. 1 凝固組織に及ぼす傾斜冷却板の有無の影響

Fig. 2 に傾斜冷却板を使用せずに金型温度 623K で鋳造した組織および傾斜冷却板を使用して注湯温度 883K，接触距離 350mm，傾斜角度 45 度，および金型温度 632K で鋳造した組織を示す.いずれの位置においても傾斜冷却板を使用することにより初晶の粒状化および微細化が確認でき，傾斜冷却板は初晶の粒状化および微細化に有効であると考えられる．また，底部に比較して中部および上部で初晶の粗大化がみられた．これは低温である金型に近い底部に比べ，中部や上部では溶湯の冷却速度が遅く，初晶が成長したためと考えられる．

3. 2 凝固組織に及ぼす注湯温度の影響

Fig. 3 に接触距離 350mm，傾斜角度 45 度，金型温度 353K で注湯温度が 903K と 923K の組織を示す．注湯温度 923K の組織に比べ 903K の組織では初晶の微細化が確認できた．注湯温度 923K の金型への流入温度は 873K，注湯温度 903K の金型への流入温度は 863K

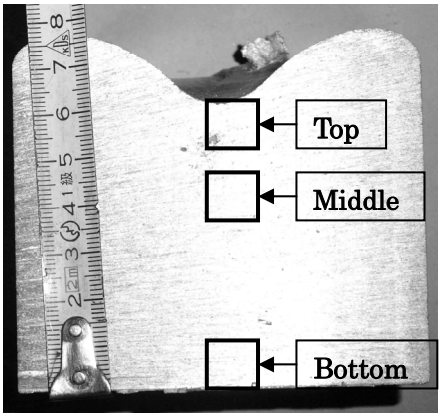
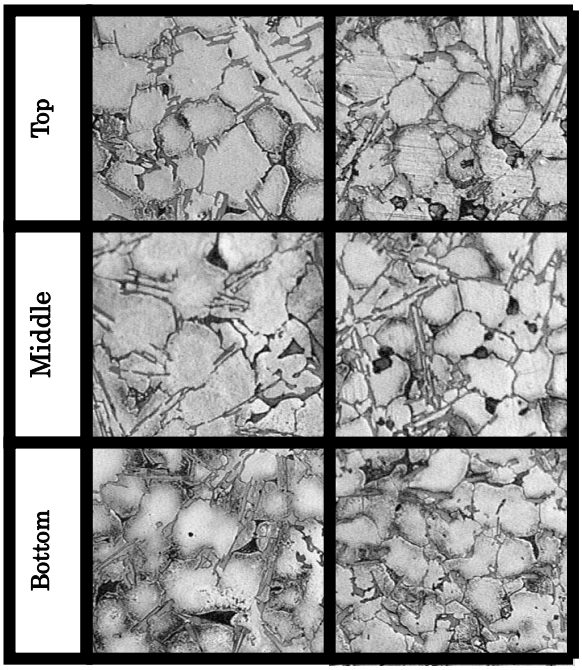


Fig. 1 Sampling postion of microstructure.



(a)non plate (b)with plate 100 μm

Fig. 2 Effect of slope plate on microstrucutures.

であった．これは注湯温度 923K では金型への流入温度 873K が液相線温度 863K より高いため，傾斜冷却板上に晶出した初晶が溶湯内に存在していても金型内で再溶融して消滅することが考えられる．

この実験では注湯温度 903K が良好な条件であった．

3. 3　凝固組織に及ぼす接触距離の影響

Fig. 4 に傾斜角度 45 度，注湯温度 903K, 金型温度 623K で接触距離が 150mm と 350 mmの組織を示す．接触距離 350mm の組織に比べ, 150mm の組織は初晶が粗大化した．傾斜冷却板上に付着した ADC10 合金の付着量は接触距離 150mm では 25g，接触距離 350mm では 70g であった．溶湯と傾斜冷却板の接触時間が短かいため，溶湯の温度が下がらず付着量は減少し，傾斜冷却板上で初晶の晶出が少なくなったと考えられる．

この実験では良好な条件は接触距離 350mm であった．

3. 4　凝固組織に及ぼす傾斜角度の影響

Fig 5 に注湯温度 903K, 接触距離 350mm, 金型温度 473K で傾斜角度が 45 度と 60 度の組織を示す．傾斜角度 45 度の組織に比べ 60 度の組織は初晶が若干微細化した．傾斜角度が小さくなると溶湯の冷却板上での接触時間が長くなり，冷却板の表面に凝固殻が形成され，結晶の遊離を妨害してしまうためだと考えられる．

この実験では良好な条件は傾斜角度 60 度であった．

3. 5　凝固組織に及ぼす金型温度の影響

Fig. 6 に注湯温度 903K, 接触距離 350mm, 傾斜角度 60 度で金型温度 473K と 623K の組織を示す．金型温度 473K では底部でデンドライト状の初晶を確認できた．また，金型温

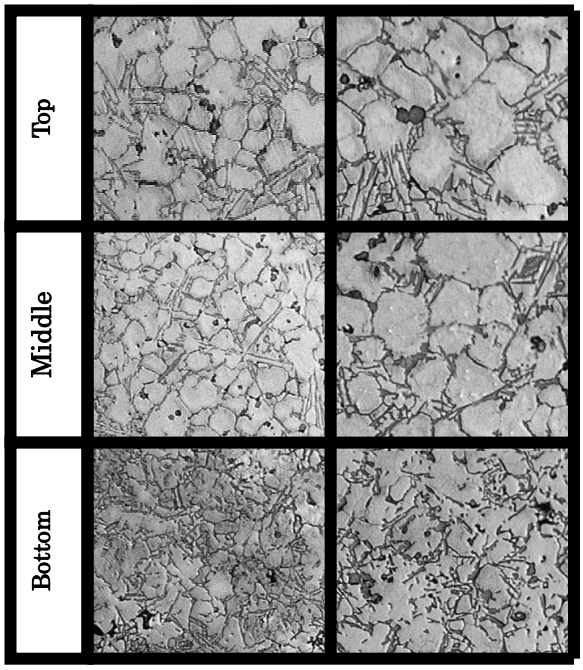


Fig. 3 Effect of pooring tempereture on microstrucutures.
(contact distance:350mm, inclined angle45°, temperature of metal mold: 353K)

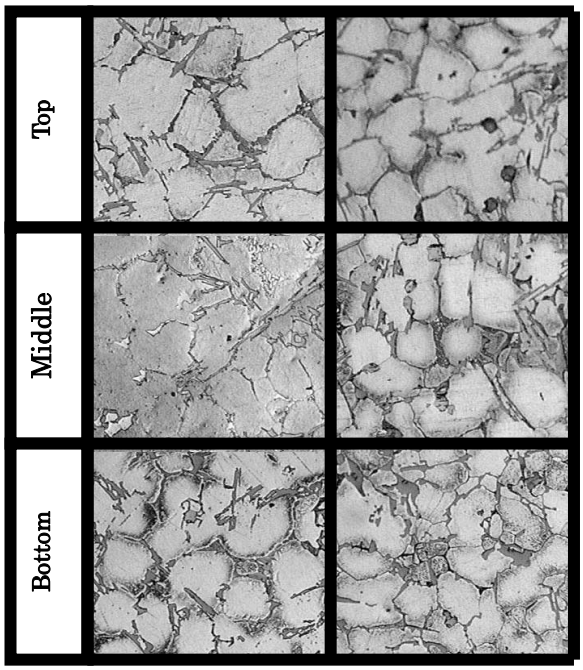


Fig. 4 Effect of contact distance on microstrucutures.
(inclined angle:45°, pooring tempereture : 903K, temperature of metal mold: 623K)

度 623K は粗大な初晶が確認できた．金型温度が低いと，金型からの距離が短い底部では溶湯が金型で急冷されるため初晶はデンドライト状になったと考えられる．金型温度が高いと，溶湯の冷却速度が小となり，初晶は粗大に成長したと考えられる．

この実験では良好な条件は金型温度 473K であった．

4. 結言

本研究では，ADC10 合金を，傾斜冷却板を用いた半凝固鋳造法で実験を行い，結晶粒を粒状化および微細化する条件を見出すことを目的とした．その結果，以下のことがわかった．

1) 固液共存範囲の狭い ADC10 合金においても傾斜冷却板は初晶の粒状化および微細化に有効である．
2) 注湯温度，傾斜角度，接触距離および金型温度を変化させることで初晶の粒状化および微細化した組織を得ることができる．

「参考文献」

1) 大野篤美，金属の凝固　結晶の生まれてゆく姿をみつけるまでとその後の記録，地人書館，pp94-96
2) 朴龍雲，茂木徹一，傾斜冷却板の BN 膜厚がセミソリッド固相率に与える影響について，日本金属学会誌 68，4(2004)，pp228-231
3) 田辺郁，茂木徹一，山田喬彦，半凝固鋳造した 7075 アルミニウム合金のミクロ組織，鋳造工学 81(2009)，pp18-23
4) 田辺郁，茂木徹一，杉浦英二，傾斜冷却体を用いた 6070 および 7075 アルミニウム合金のセミソリッド連続鋳造，軽金属 53(2003)，pp290-294

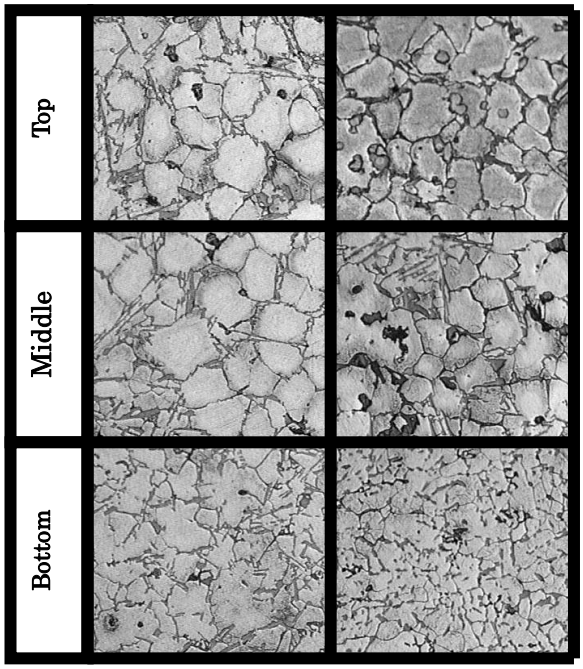


Fig. 5 Effect of inclined angle on microstrucutures.
(pooring tempereture：903K, contact distance:350mm, temperature of metal mold: 473K)

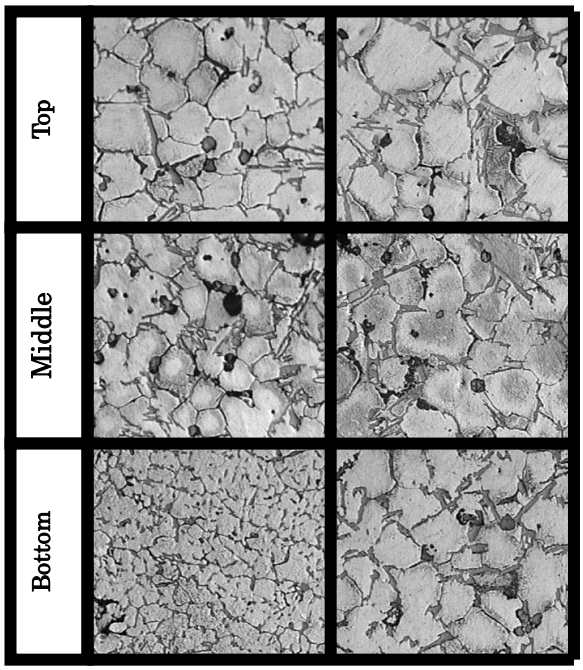


Fig. 6 Effect of temperature of metal mold on microstrucutures.
(pooring tempereture：903K, contact distance:350mm, inclined angle:60°)