

B アルミダイカストの流動長の影響を評価するための試作および評価技術

当社では試験分析以外に試作サービスの対応もしている。その中でも、アルミ分野においては、『試作→試験・分析→解析』ができる体制を整えることにより、お客様の課題に対して総合支援評価ができる会社を目指している。

アルミダイカスト製品は、従来シリンダブロックなどの内燃部品に多く適用されていたが、近年では、複数部品を成形・接合していたものを一体に置き換えることができるギガキャスト製法による車体部品への適用が検討されている。この製法では金型や矯正などの周辺設備に多大なコストがかかり、とくに金型は一度作製すると大幅な形状変更が困難である。そのため、鑄造CAEや衝突CAEを事前に十分行い、部品の設計・開発を進めている。衝突CAEの精度を向上するには、より実体に近いデータをインプットする必要がある。アルミダイカスト部品は、流動長の影響で強度が変わるため、1つの部品の中でも強度分布を持つことが知られている¹⁾。ギガキャスト製法で作られた大型部品の場合には、部品形状が複雑になり流動長が長くなるため、強度分布も広くなると想定される。いっぽうで、これまで流動長の影響を定量的に評価した事例は少なく、衝突CAEヘインプットするための基礎データが乏しいのが現状である。

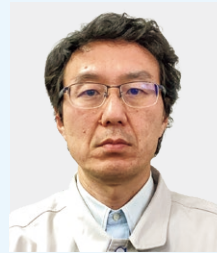
以上の理由から、当社で流動長の影響を評価するためのテストピースの試作を目的としたアルミダイカスト用の金型を作製し、ダイカスト試作サービスをメニュー化したため、今回紹介する。



技術本部
材料ソリューションセンター
技術部 非鉄・試作技術室
やまうち まさひろ
山口 真弘



技術本部
計算科学センター
DX技術室
ゆみしげ しげあき
幸重 良平



技術本部
計算科学センター
DX技術室
なかじま しんご
中島 伸吾

B-1 テストピース試作用金型の作製

当社で作製した金型は、流動長の全長約800mmと、ギガキャスト製品の流動長(1000～2000mm程度)に比べると短いですが、流動長に加えて冷却速度の影響も評価できることをコンセプトとして、評価部位の肉厚を1.5、3.0、4.5、8.0mmと可変できる仕

様とした。さらに、溶湯温度や金型温度、射出速度などの鑄造条件を変えることで、大気巻き込みガス量や表面状態の違いなど、品質のばらつき影響を評価するための試作にも活用できる金型とした。

B-2 アルミダイカスト試作

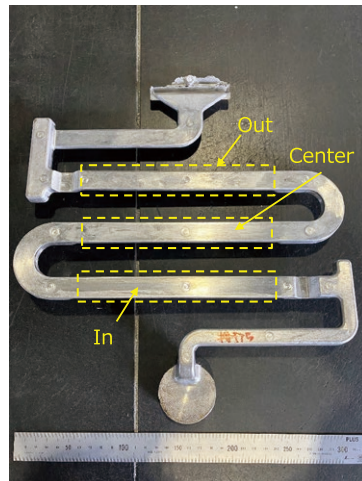
今回の試作用合金は、高延性のダイカスト用合金であるSilafont-36(Aluminium Rheinfelden Alloysの商標)とした。合金の化学成分を表1に示す。保持炉の溶湯温度は710℃、金型温度は約200～280℃、TOYO製の型締力200tonのダイカストマシンを用い、離型剤はMORESCO製のMS-10を使用して試作を行った。

試作品の外観を図1に示す。評価部の肉厚は1.5、3.0、4.5、8.0mmの4水準としたが、肉厚ごとにOut側の評価部までアルミ溶湯が安定して到達する条件で試作を行った。

表1 Silafont-36の化学成分(wt%)

Silafont-36	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	Al
	10.0	0.08	0.05	0.64	0.40	0.03	0.07	0.012	Bal.

図1 試作品外観



B-3 流動長の影響評価

3.1 試験片採取

流動長の影響を評価するため、湯口から近い順にIn, Center, Outの各位置からそれぞれ試験片を採取した。

3.2 導電率測定と断面ミクロ組織観察結果

試作品の固溶量を調査するため、日本フェルスター製のSIGMATEST 2.069を用い、周波数60Hzで導電率を測定した。測定結果を図2に示す。肉厚が薄いほど、また流動長が長いほど導電率は低く、つまり固溶量が多くなる傾向を示した。

次に、肉厚1.5、3.0、8.0mmの断面ミクロ組織観察結果を図3に示す。いずれの部位においても白い粒状の初晶αと灰色の共晶Siが観察された。肉厚が薄いほど、また流動長が長いほど、初晶αは微細になる傾向がみられた。

導電率測定と断面ミクロ組織観察の結果から、肉厚が薄いほど、また流動長が長いほど、固溶量は多く、初晶αは微細であったため、凝固・冷却速度が速いと考えられる。

図2 導電率測定結果

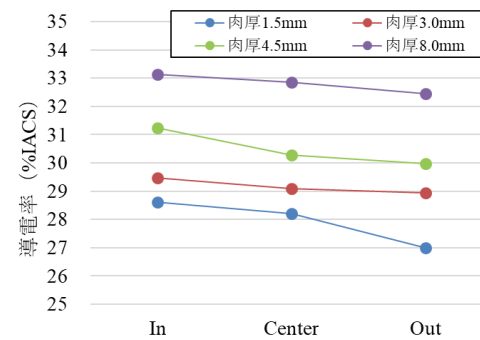
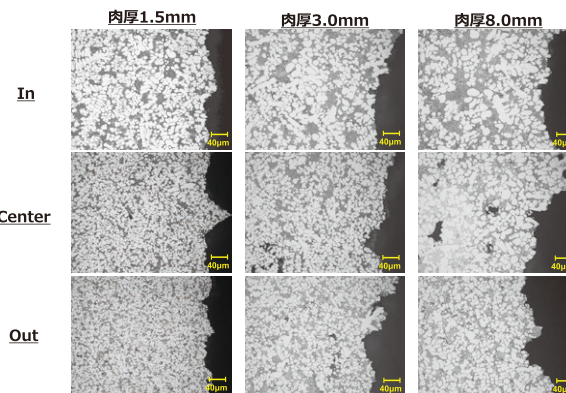


図3 断面ミクロ組織観察結果



3.3 引張試験結果

引張試験片形状を図4に示す。試験温度は室温、試験速度2.0mm/minで部位ごとにn=3の試験を実施した。試験結果を図5に示す。いずれの部位においても、肉厚が厚くなるほど0.2%耐力は低くなる傾向がみられた。また、流動長が長くなるほど0.2%耐力はやや増大する傾向がみられた。3.2項で流動長が長いほど凝固・冷却速度が速く、初晶αが微細であったことからこ

図4 引張試験片形状(単位: mm)

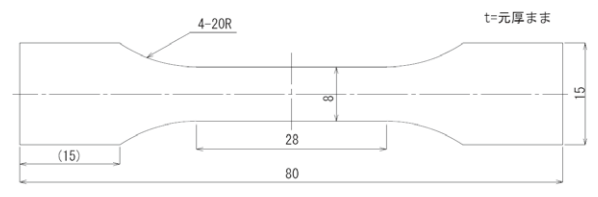
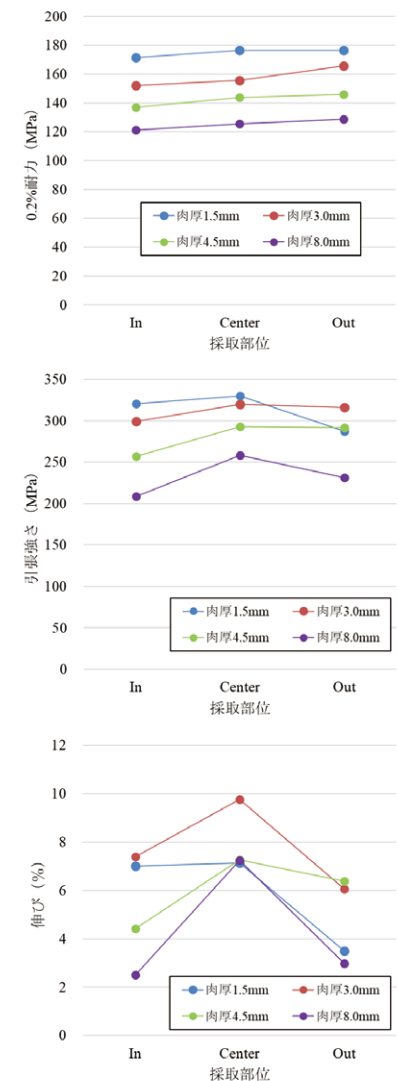
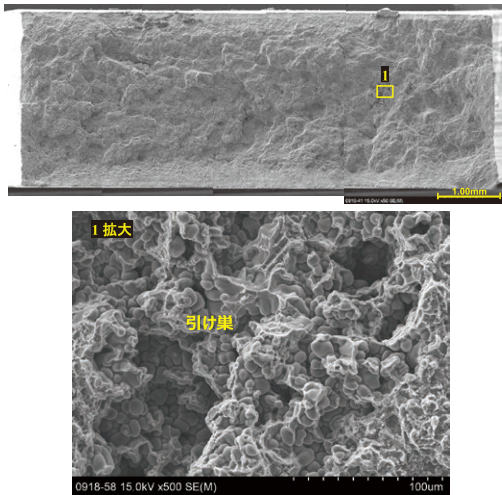


図5 引張試験結果



これらの傾向が出たと考えられる。いっぽうで、引張強さや伸びにはそのような傾向はみられなかったが、代表例として肉厚3.0mm、採取部位 Center の試験後試験片の破面SEM観察結果(図6)に示すとおり、複数の箇所で見かけ巣(铸造欠陥)が観察された。ほかの肉厚・部位の破面でも同様に、铸造欠陥が観察されていたことから、铸造欠陥を起点として早期破断した可能性があるため、引張強さや伸びは0.2%耐力のような傾向がみられなかったと考えられる。

図6 引張試験後 試験片の破面SEM観察結果
(肉厚3.0mm、採取部位: Center)



3.4 VDA 曲げ試験結果

VDA 曲げ試験は、自動車向け薄板材料の曲げ加工性を評価するため、ドイツ自動車工業会が規格化した試験方法である。近年では高強度アルミ合金およびアルミ鋳物材を構造部材へ適用するにあたり、その曲げ信頼性を評価する手法として重要性が高まっている²⁾。

ギガキャスト部品も骨格部品への適用例があるため、本報でもVDA 曲げ試験で評価を行った。試験片は15×60mm、板厚は製品のままとした。試験温度は室温、試験速度20mm/minで部位ごとにn=3の試験を実施した。試験結果を図7に示す。肉厚が厚いほど、また流動長が長いほど曲げ角度は小さくなる傾向を示した。

図7 VDA 曲げ試験結果

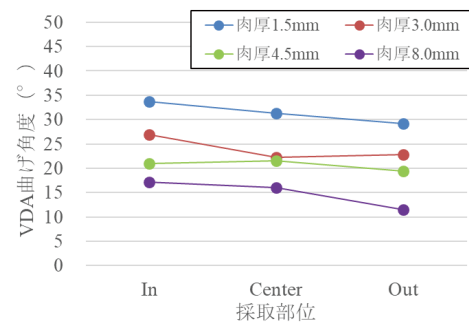


図8 0.2%耐力および伸びと曲げ角度の関係

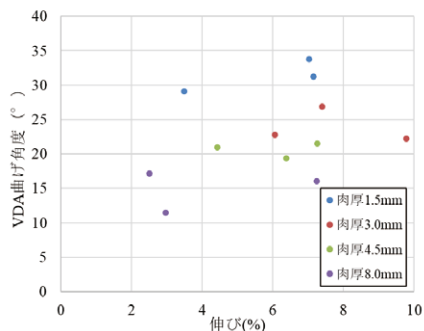
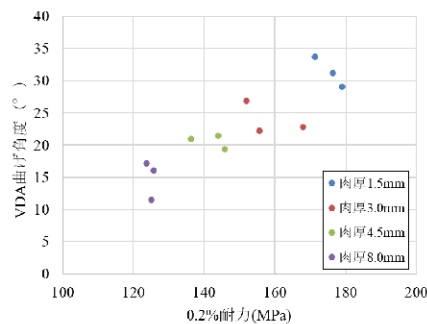
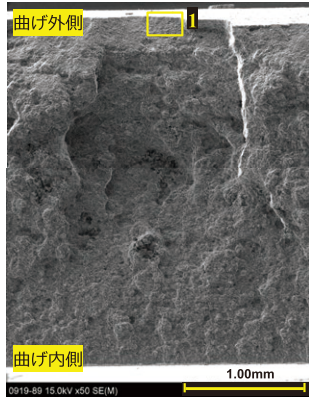
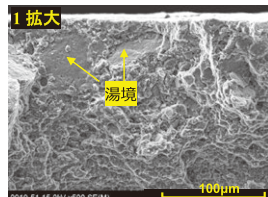
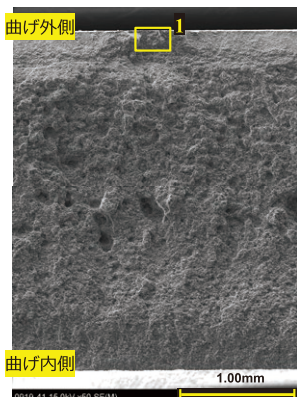


図9 VDA 曲げ試験後試験片の破面SEM観察結果

肉厚: 3.0mm、採取部位: In



肉厚: 3.0mm、採取部位: Out

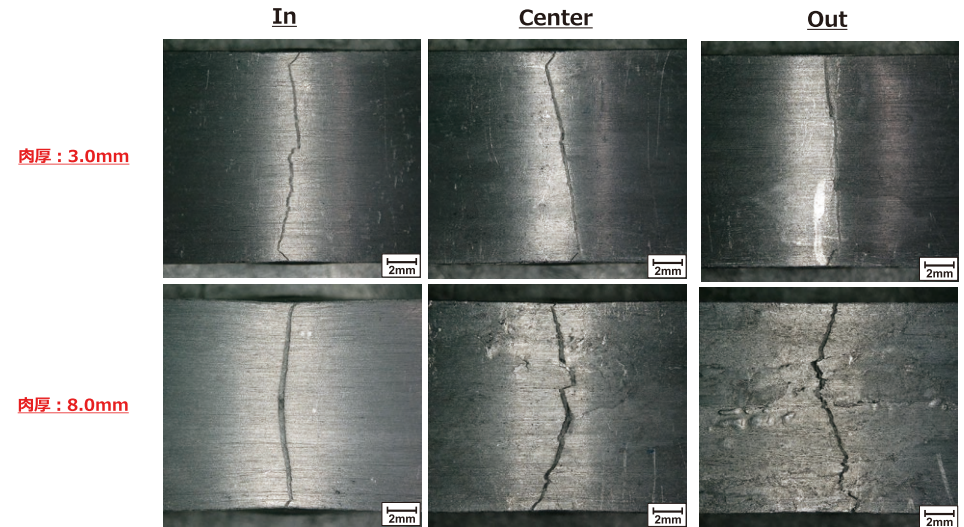


曲げ角度は、材料の強度や伸びと相関があり、強度が高いほど曲げ角度は小さく、伸びが大きいほど曲げ角度は大きくなることが多い。3.3 項の引張試験の0.2%耐力および伸びと曲げ角度の関係を図8に示す。0.2%耐力が高いほど曲げ角度は大きくなる傾向を示したのに対し、伸びと曲げ角度に明確な相関はみられなかった。これらの結果から、曲げ角度は材料の強度や伸び以外の影響を受けることが示唆された。

肉厚3.0mm、採取部位 In, Out の試験後試験片の破面写真

を図9に示す。採取部位 In では、き裂の起点と思われる部位で引け巣などの铸造欠陥は観察されなかった。いっぽうで、採取部位 Out のき裂の起点と思われる部位では、湯境のような平坦な部位が確認された。また、肉厚3.0mmと肉厚8.0mmの各採取部位における試験後の試験片表面の外観を図10に示す。流動長が長くなるほど表面状態が劣化しており、割れが不規則に進展していた。つまり、流動長が長くなるほど表面状態の影響を受けて曲げ角度は小さくなったと考えられる。

図10 VDA 曲げ試験後試験片の表面観察結果



B-4 まとめ

流動長の影響を評価するためのテストピースの試作および評価を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・採取部位 In→Center→Out の順に、導電率は低く、初晶 α が微細であり、0.2%耐力が高いことから、流動長が長いほど凝固・冷却速度が速いと考えられる。
- ・引張試験後の試験片破面には引け巣やガス欠陥などの铸造欠陥が観察されたことから、铸造欠陥を起点に早期破断したと考えられる。

- ・採取部位 In→Center→Out の順に、流動長が長くなるほど、表面状態は劣化し、曲げ性は低下すると考えられる。
- ・流動長と機械的性質の関係は、凝固・冷却速度以外に铸造欠陥や表面状態の影響も受けることが考えられることから、それぞれの影響因子を定量化して整理する必要がある。

当社で流動長の影響を評価するためのテストピースを試作する金型を作製し、ダイカスト試作サービスを開始した。本報では、流動長の影響を評価するため、マイクロ組織や機械的性質の評価を行い、凝固・冷却速度や表面状態がこれらの特性に影響をおよぼすことがわかった。いっぽうで、凝固・冷却速度と機械的性質、さらに铸造欠陥や表面状態がおよぼす機械的性質への影響に関して、定量的な評価はできていない。これらを明らかにすることができれば、アルミダイカスト部品内の強度分布をシミュレーションで再現することができ、衝突CAEの精度向上にもつながると考えている。これらの課題を解決するために、今はダイカストプロセスにおける溶湯・金型温度の実測や、铸造CAEの精度向上に寄与するための熱伝達係数測定メニュー化へ向けた技術開発に取り組んでいる。今後もお客様の課題解決に貢献するため、アルミの総合支援評価技術の幅をさらに広げるための技術開発を継続したい。

- 参考文献
- *1) Zhichao Niu et al.: J. Mater. Process. Technol., Vol.303(2022)117525
 - *2) アマリナ アイナ カハルディンほか: 軽金属, Vol.73(2023)No.8, 382-388