

SCR 法により製造された半凝固処理金属の二次加工特性-2

Mechanical Properties and Formability of Metals Manufactured by SCR Process-2

杉山 澄雄*・木内 学*・柳本 潤*・田辺 明三*

Sumio SUGIYAMA, Manabu KIUCHI, Jun YANAGIMOTO and Akizo TANABE

1. はじめに

著者らは、金属溶湯に半凝固化処理を施し、均一・微細かつ等軸結晶組織を有する金属素材の製造および加工に関する一連の研究を行っている。

既報^{1)~4)}では、せん断冷却ロール法 (SCR 法) により、アルミ合金および鉄合金の半凝固処理材の製造を試み、製造法の特長ならびに処理材の内部組織について明らかにするとともに、処理材を被加工材に用いた押し出し加工を行い、その加工特性・製品特性について検討した。

本報では、SCR 法により半凝固化処理された素材の機械的特性を明らかにするために、それらの一軸圧縮試験を行い、樹枝状組織を有する金型鑄造材の圧縮特性と比較しつつ検討した結果を示す。

2. 試験片ならびに試験条件等

2.1 圧縮試験片

試験片材質としては、アルミニウムに 4~5% の銅成分が含有された展伸用アルミニウム合金 A2017 を用いた。試験片素材は、SCR 法で半凝固化処理された処理材 (SCR 材) と、金型予熱有り (CSC 材)・金型予熱なし (CQC 材) の条件で鑄造された金型鑄造材を用いた。鑄造材については、鑄造組織の異方性が圧縮特性におよぼす影響を調査するために、鑄込み方向 (V) とそれに直角方向 (H) から切り出した試片についてそれぞれ検討した。また、試験片としては、製造されたままのもの (F 処理材) と、溶体化処理 (500°C-2 時間-水冷) 後焼きなまし (400°C-2 時間-炉冷) したもの (T 処理材) とを用いた。試験片は、直径 10mm・高さ 15mm の円柱状とし、旋盤で仕上げた。試験片を採取する方法ならびに試験片の

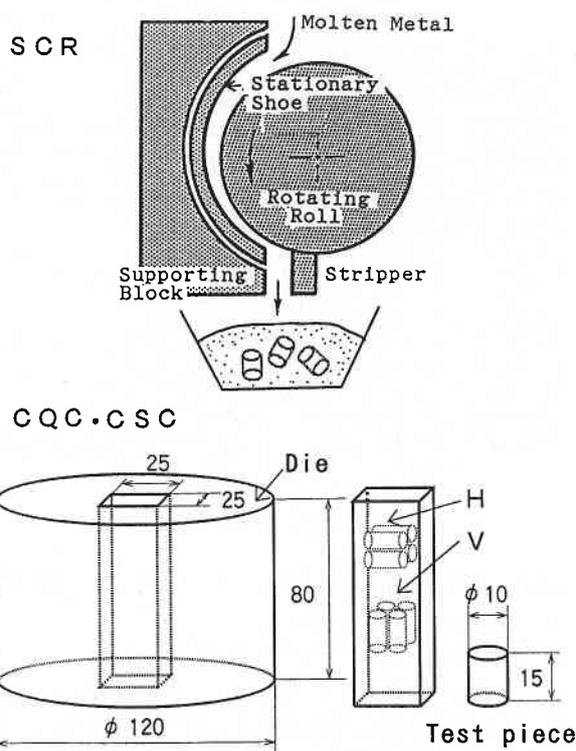


図1 圧縮試験片の採取方法ならびに試験片寸法

寸法・形状を図1に示す。

2.2 圧縮試験条件

圧縮試験は、カムプラスチックを用い、圧縮ひずみ速度を0.46~0.49の範囲とし、試験温度は室温と450°Cの2水準を選び行った。試験片と圧縮工具端面には、室温での圧縮の場合にはグリースを塗布し、450°Cでの圧縮の場合には黒鉛粉を塗布した。圧縮試験条件を表1にまとめて示す。

2.3 圧縮前の試験片の内部組織

圧縮試験前の CQC 材と CSC 材の、鑄込み方向とそれ

*東京大学生産技術研究所 第2部

研 究 速 報

表 1 圧縮試験条件一覧表

	Spec. mat.	A2017
Test piece	Manufac. method	①Shearing/cooling roll -SCR ②Casting by quick cooling -CQC ③Casting by slow cooling -CSC
	Heat treatment	①As cast -F ②WQ and annealing -T
	Dimensions	φ 10mm-15mm
Test temp.		①Room temp. ②450°C
Strain rate range		0.46~0.49
Lubricant		Grease (Room temp.) Graphite powder (450°C)
Testing machine		Cam-plastometer

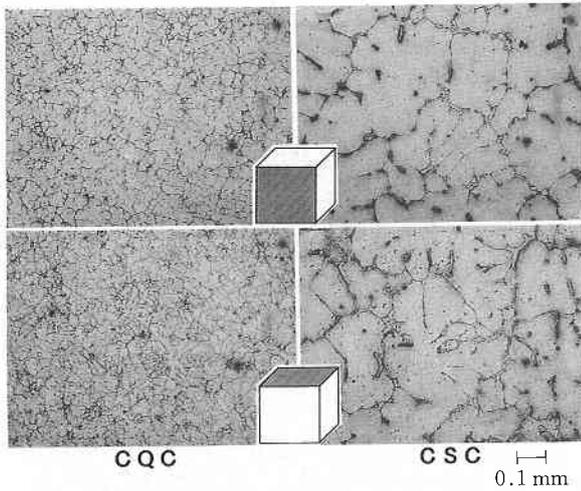


図 2 金型鑄造材の内部組織

に直角方向の内部組織を図 2 に示す。CQC 材の結晶粒径は 10~100 μm 程度であるのに対し、金型を予熱 (約 700°C) した CSC 材は、粒径が 200~400 μm となっている。また、いずれも樹枝状を呈している。鑄込み方向 (V) とそれに直角方向 (H) の内部組織の違いは明確でない。

同じく圧縮試験前の SCR 材の内部組織を図 3 に示す。

SCR 材は、図中に示す製造条件にて半凝固状に製造され、大気中で自然冷却されたものである。直径 20~80 μm 程度の大小の球状の結晶粒が分布しており、製造条件の違いにともない、分布に多少の差があるものの、ほぼ類似の等軸晶組織となっていることがわかる。

図 4 は、鑄造材と SCR 材の、溶体化処理かつ焼きな

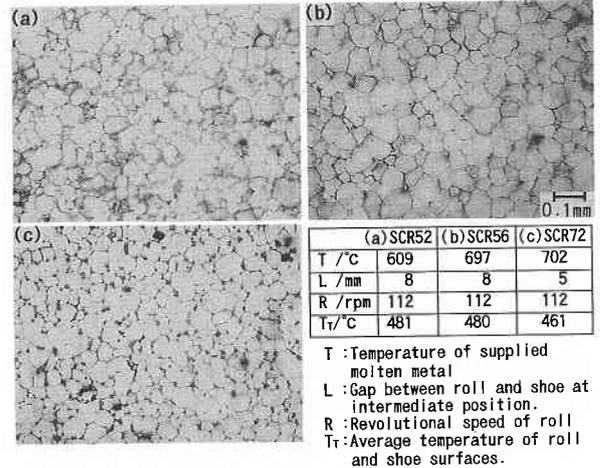
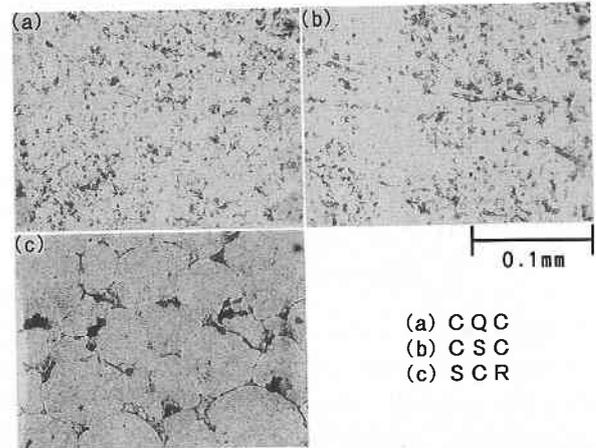


図 3 SCR 材の内部組織



(a) CQC
(b) CSC
(c) SCR

図 4 溶体化処理・焼きなまし後の試験片の内部組織

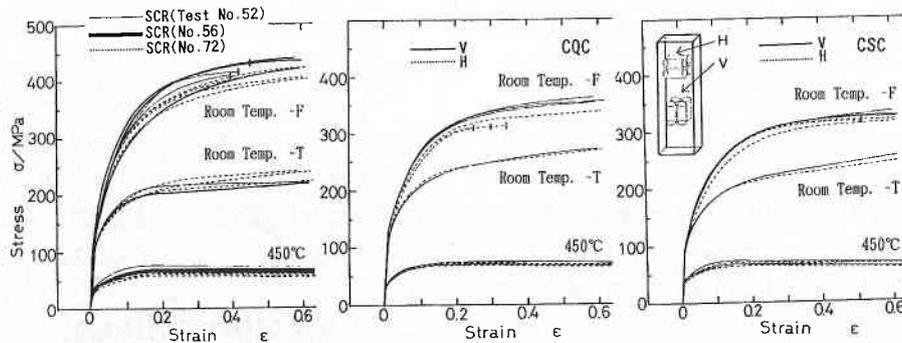


図 5 真応力-対数ひずみ線図

しした後の内部組織を示す。鋳造材では微細な析出物が一面に分散しているのに対し、SCR 材では塊状の析出物が粒界に偏在していることがわかる。

3. 試験結果ならびに考察

3.1 応力-ひずみ線図

図5は、SCR 材・CQC 材・CSC 材の圧縮試験から得られた真応力-対数ひずみ線図を、a) 室温と450°Cの圧縮温度に分け、b) 室温での圧縮試験の場合にはF処理材とT処理材ごとに区別し、c) さらにSCR 材については製造条件ごとに、d) 鋳造材についてはV方向・H方向ごとにまとめて示す。図から以下のことがわかる。

(1) SCR 材 (Test No. 52) のF処理後・室温での圧縮試験では、0.4から0.5のひずみ範囲でせん断破壊が生じた。T処理後・室温および450°Cでの圧縮試験では、せん断破壊することなく、予定していたひずみ量(約0.6)まで圧縮できた。全体的にみて、SCR 材の製造条件の違いが応力-ひずみ線図におよぼす影響はわずかである。

(2) CQC 材のF処理後・室温での圧縮試験では、H方向の試験片は0.3前後のひずみでせん断破壊が生じた。また、H方向の試験片はV方向の試験片と比較して、各ひずみに対して約10%程度低い応力値となった。しかしながらT処理後・室温ならびに450°Cでの圧縮試験では、試験片の採取方向の違いが応力-ひずみ線図におよぼす影響は小さい。

(3) CSC 材では、F処理・T処理材共に室温および450°Cでの圧縮試験で、ほぼ予定していたひずみ量(約0.7)まで圧縮できた。また、試験片の採取方向の違いが応力-ひずみ線図におよぼす影響は小さいことが判明した。

表2は、SCR 材・CQC 材・CSC 材の真応力-対数ひずみ線図を $\sigma = ke^n$ の近似式に表した際のkとnの値を示す。また図6は、ひずみ0.3における真応力(変形抵抗

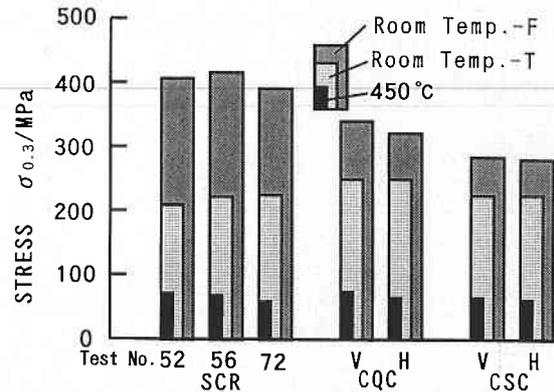


図6 SCR 材と鋳造材の変形抵抗の比較 (ひずみ0.3における応力)

値) $\sigma_{0.3}$ を代表値にとり、それぞれ比較して示す。表2、図6から、以下のことがわかる。

(1) F処理後・室温での圧縮試験では、k値は、CQC 材・CSC 材の方がSCR 材より小さく、n値は、CQC 材・CSC 材の方がSCR 材より若干大きくなっている。また、 $\sigma_{0.3}$ を試験片素材ごとに比較すると、SCR 材、CQC 材、CSC 材の順に低くなっており、SCR 材とCQC 材では、SCR 材の方がCQC 材より10%強大きい値となっている。この理由としては、SCR 材とCQC 材のa) 内部組織を構成する結晶粒の大きさ・形状の相違、b) 結晶粒界ならびにその近傍に析出している析出物の大きさ・形状・分布の相違、c) 素材の作製時に発生した熱的ひずみの相違の影響、などが考えられるが、詳細については不明である。

(2) T処理後・室温での圧縮試験では、k値は、CQC 材・CSC 材の方がSCR 材より大きく、n値も、CQC 材・CSC 材の方がSCR 材より大きくなっている。ま

表2 $\sigma = ke^n$ 近似式におけるkとnの値

Test No.	Room temp.				450°C		
	F*1		T*2		F		
	k	n	k	n	k	n	
SCR	52	46.6	0.19	22.9	0.12	6.8	0.04
	56	47.3	0.19	22.0	0.10	7.0	0.06
	72	43.9	0.18	24.8	0.15	6.0	0.05
CQC	V*3	38.7	0.19	27.3	0.16	7.4	0.05
	H*3	38.0	0.23	27.3	0.16	7.2	0.04
CSC	V	36.3	0.20	27.3	0.17	6.8	0.05
	H	36.7	0.20	27.3	0.17	7.0	0.05

*1 As cast
 *2 WQ (Water Quenching) and annealing
 *3 V: Vertical direction
 H: Horizontal direction

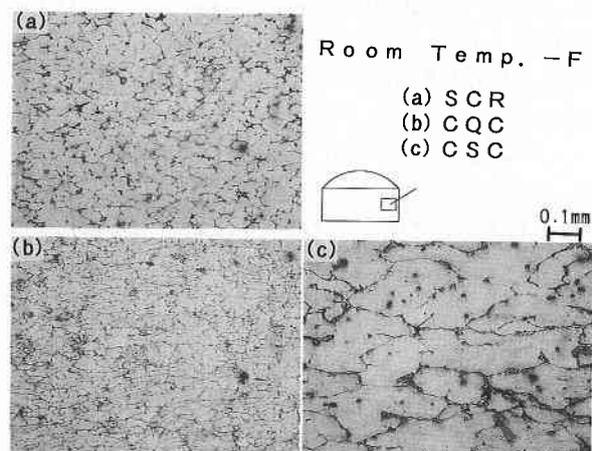


図7 圧縮後の試験片の内部組織 (F処理材)

研究速報

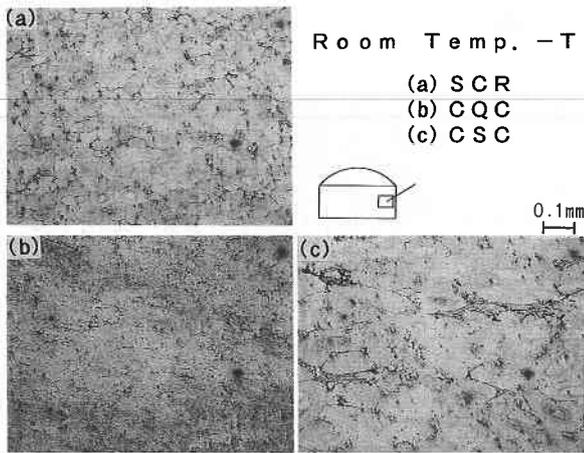


図8 圧縮後の試験片の内部組織 (T処理材)

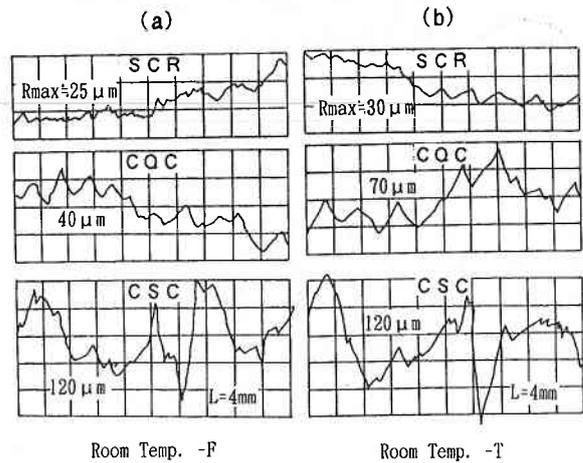


図9 圧縮後の試験片側面(自由表面)のあらさ

た、 $\sigma_{0.3}$ については、SCR材の方がCQC材より約10%程度小さくなっている。この理由としては、図4の熱処理後の内部組織観察から、試験片内部に析出した析出物の大きさや分布の違いによる影響であることが推測される。

(3) 450°Cでの圧縮では、k値とn値は、SCR材・CQC材・CSC材ともほぼ同じ値となっている。

3.2 圧縮後の試験片の内部組織

図7、図8は、F処理後・室温で圧縮試験した場合と、T処理後・室温で圧縮試験した場合の圧縮後の試験片の内部組織を示す。これらの図から、T処理後・室温で圧縮試験した試片の内部組織は、F処理後・室温で圧縮試験したものと比較して結晶粒界が不明瞭となってきていることがわかる。

3.3 圧縮後の試験片側面のあらさ

F処理後・室温での圧縮試験後の試験片側面(自由表面)の周方向あらさを図9(a)に示す。SCR材は $R_{max}=25\mu m$ であり、CQC材は $R_{max}=40\mu m$ 、CSC材は $R_{max}=120\mu m$ となっている。自由表面のあらさは、試験片内部の結晶粒の大きさおよび形状に影響うけるとされるが、CQC材の表面あらさよりも、SCR材の方が小さい値となっていることは、これまでに示した内部組織の観察結果とよく対応している。

図9(b)は、T処理後・室温の圧縮試験後の試験片側面

(自由表面)の周方向あらさを示す。この場合も、SCR材の表面あらさが最も小さい値となっている。

4. ま と め

せん断冷却ロール法(SCR法)により製造されたA2017半凝固処理材の圧縮試験を行い、樹枝状組織を有する金型鑄造材の圧縮特性と比較し検討を行った。その結果、a) F処理後・室温で圧縮試験した際のSCR材と鑄造材の圧縮変形抵抗値は、SCR材の方が鑄造材(CQC)より約10%程度大きくなり、b) T処理後・室温での圧縮変形抵抗値は、逆に、SCR材の方が鑄造材より約10%程度小さくなり、また、c) 圧縮試験後の試験片側面(自由表面)のあらさ R_{max} に関しては、SCR材の方が鑄造材より小さい値となる、などの興味ある事実が判明した。

(1994年3月11日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内 学・杉山澄雄：平3春塑加講論，(1991)，1.
- 2) 木内 学・杉山澄雄：平3春塑加講論，(1991)，5.
- 3) 杉山澄雄・木内 学・柳本 潤：43回塑加連講論，(1992)，469.
- 4) 杉山澄雄・木内 学・柳本 潤：平5春塑加講論，(1993)，269.