

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4984049号
(P4984049)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 2 D 27/20 (2006.01) B 2 2 D 27/20 A
B 2 2 D 21/04 (2006.01) B 2 2 D 21/04 A

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-37273 (P2007-37273)	(73) 特許権者	301023238
(22) 出願日	平成19年2月19日(2007.2.19)		独立行政法人物質・材料研究機構
(65) 公開番号	特開2008-200692 (P2008-200692A)		茨城県つくば市千現一丁目2番地1
(43) 公開日	平成20年9月4日(2008.9.4)	(72) 発明者	大澤 嘉昭
審査請求日	平成22年2月5日(2010.2.5)		茨城県つくば市千現一丁目2番地1 独立 行政法人物質・材料研究機構内
		(72) 発明者	高森 晋
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1 独立 行政法人物質・材料研究機構内
		(72) 発明者	皆川 和己
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1 独立 行政法人物質・材料研究機構内
		(72) 発明者	向井 敏司
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1 独立 行政法人物質・材料研究機構内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鑄造方法。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

溶湯に超音波を付加して凝固結晶組織を微細化する鑄造方法であって、前記溶湯の超音波振動の非付加状態における過冷却域において超音波振動の付加を開始し、前記超音波振動の付加は、前記過冷却域のみであることを特徴とする鑄造方法。

【請求項2】

請求項1に記載の鑄造方法において、溶湯はアルミニウム合金であり、初晶にアルミニウムのデンドライト、SiやAlSiFe金属間化合物が晶出することを特徴とする鑄造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶湯に超音波を付加して凝固結晶組織を微細化する鑄造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

凝固組織は一般に冷却速度で決定される。鑄造品などのように製品の肉厚が異なる場合凝固組織が大きく異なり、薄肉急冷部は微細チル組織になる。厚肉部は最終凝固部となり凝固組織が粗大になると共にひけ欠陥が生じる。

凝固時に特に液相線温度を挟んだ温度で超音波振動を付加することにより凝固結晶組織

を微細化することができることが、以下に示す特許文献1及び非特許文献1に示されるとおり、従来より公知である。

また発明者らは、特願2006-036967により、相液線温度に降下するよりも高い温度で超音波振動を付加しても核生成を促進し微細化することを提案している。

【特許文献1】特許公開2004-209487

【非特許文献1】鑄造工学78(2006)2, 65-70

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

前記先願の発明によると凝固組織の微細化には1分前後の超音波振動の付加が必要となるもので、溶湯が多すぎる場合には鑄造品質の安定化や十分な超音波振動が行えない問題があった。

10

本発明は、このような実情に鑑み、溶湯が過冷状態にあるため従来に比較し超音波振動の付加を極短時間行うことにより、一気に核生成が生じ凝固結晶組織を微細化できる鑄造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

超音波振動を付加しながら凝固をさせることでこの過冷現象が起こることが少なくなる。

本発明は、この過冷現象が起きているときに超音波振動を付加することにより非常に短い時間で凝固が一気に始まり容易に微細凝固組織合金を製造するとの知見によるものである。

20

【0005】

発明1の鑄造方法は、溶湯の超音波振動の非付加状態における過冷却域において超音波振動の付加を開始、前記超音波振動の付加は、前記過冷却域のみであることを特徴とする。

【0006】

発明2は、発明1の鑄造方法において、溶湯はアルミニウム合金であり、初晶にアルミニウムのデンドライト、SiやAlSiFe金属間化合物が晶出することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0007】

発明1により、10秒前後の超音波振動の付加により、微細化を達成でき、更に、非付加状態での過冷却域が短い合金や溶湯の冷却速度が速い場合に適用することで、上記課題を大きく解決することができた。アルミニウム合金の凝固時に過冷状態であれば液相線温度より低い状態で初晶が晶出しない。このアルミニウム合金の過冷時に超音波振動を付加すると初晶のアルミニウムのデンドライト、SiやAlSiFe金属間化合物が一気に微細に晶出する。AlSiFe金属間化合物は砂型凝固の時は金型凝固などに比べ粗大に晶出し脆いため嫌われている。これは電磁攪拌でも微細化できず、超音波振動付加で微細化できる。そして、晶出時の過冷が大きいためこの過冷時に超音波振動を付加することで短時間付加することにより一気に微細にすることができることによる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図12から図16は、本発明を実施するのに使用する鑄造装置の例を示す。

【実施例】

【0009】

今回の実験で用いた、アルミニウム合金の過冷度と超音波振動の付加温度と負荷時間および組織の変化をまとめた。図4のAl-12%Si-4%Fe合金の振動付加無しでは

50

灰色の粗大な板状の金属間化合物でこの写真内の大きさを等価円直径で表した。

【0010】

【表1】

アルミニウム合金の過冷度と超音波振動の付加による組織の微細化

試料名	超音波振動		液相線温度 ℃	過冷度 ℃	結晶粒径 μm	図
	温度℃	時間 sec				
1 Al-6%Si-4%Fe	無し		690	24.5	534	2
	680	10	690	10	119	3
2 Al-12%Si-4%Fe	無し		681.7	22.4	(202)	4
	680	10	681.7	2	43	5
3 Al-18%Si-4%Fe	無し		702.4	33.8	169	6
	690	10	702.4	12	59	7
4 Al-6%Si 合金	無し		624	3.5	164	8
	622	10	624	2	70	9
5 Al-18%Si 合金	無し		660	30	102	10
	650	10	660	10	72	11

【0011】

図1は、Al-X%Si-4%Fe合金の超音波振動付加による冷却曲線の変化を示すグラフである。

これよりAl-X%Si-4%Fe合金では、初晶としてAlSiFe金属間化合物が晶出する。このとき、砂型鑄造くらいの除冷でも大きく過冷する。しかし超音波振動を付加して凝固をさせた場合はほとんど過冷することがない。この一般凝固の過冷時に超音波振動を付加することで一気に再輝現象とともに結晶が晶出すると考えられる。この場合はわずかに数秒の超音波振動付加でしかも微細粒状化が期待できることがわかった。

【0012】

図2は、Al-6%Si-4%Fe合金をるつぼ中冷却の組織写真である。Al-6%Si-4%Fe合金をるつぼ冷却の組織、灰色の粗大な板状の金属間化合物があるのが明らかである。

【0013】

図3は、Al-6%Si-4%Fe合金における過冷状態での超音波振動付加効果を示す組織写真である。Al-6%Si-4%Fe合金の液相線温度が690で10過冷した680で超音波振動を10secと言う短時間処理を行った時の鑄塊中央部組織を示すものである。初晶のAlSiFe金属間化合物が微細粒状になっていることが明らかである。

【0014】

図4は、Al-12%Si-4%Fe合金をるつぼ中冷却の組織写真である。超音波振動付加なしで、Al-12%Si-4%Fe合金をるつぼ冷却したときの組織は、図4に示すように灰色の粗大な板状の金属間化合物が存在する。

【0015】

図5は、Al-12%Si-4%Fe合金へ過冷度2、10sec超音波振動付加したときの組織写真である。Al-12%Si-4%Fe合金の液相線温度が681.7で2過冷した680で超音波振動を10secと言う短時間付加した鑄塊中央部組織の写真である。

初晶のAlSiFe金属間化合物が微細粒状になっていることを示している。

【0016】

図6は、Al-18%Si-4%Fe合金をるつぼ中冷却の組織写真である。超音波振動を付加しないで、Al-18%Si-4%Fe合金をるつぼ冷却した組織写真である。灰色の粗大な塊状は金属間化合物が存在することを示し、濃い灰色はSi粒でAl-Siの溶湯と初晶の金属間化合物があるところに、あとから晶出してきたものである。

【 0 0 1 7 】

図7は、Al - 18% Si - 4% Fe合金へ過冷度10、10sec超音波振動付加時の組織写真である。Al - 18% Si - 4% Fe合金の液相線温度が702.4で12過冷した690で超音波振動を10secと言う短時間付加した鑄塊中央部組織を示す写真である。初晶のAlSiFe金属間化合物は、わずかに微細粒状になっていることがわかる。

【 0 0 1 8 】

図8は、Al - 6% Si合金をるつぼ中冷却の組織写真である。これは、代表的なAl - Si鑄造合金で不純物の鉄は入っていない。超音波振動を付加せずともほとんど過冷はなく、わずか3である。組織は大きなデンドライト組織でこの画面からはみ出しており、サイズは参考値である。

10

【 0 0 1 9 】

図9は、Al - 6% Si合金へ過冷度2、10sec超音波振動を付加時の組織写真である。液相線温度が624で2過冷した622で超音波振動を10secと言う短時間付加した鑄塊中央部組織写真である。初晶のAlは、デンドライト状ではなく粒状になることを示している。

【 0 0 2 0 】

図10は、Al - 18% Si合金をるつぼ中冷却の組織写真である。超音波振動を付加せずになされたもので、濃い灰色が初晶の過共晶Siである。粗大な塊状を呈していることを示している。

20

【 0 0 2 1 】

図11は、Al - 18% Si合金へ過冷度10、10sec超音波振動を付加したときの組織写真である。液相線温度が660で10過冷した650で超音波振動を10secと言う短時間の付加による鑄塊中央部組織を示す。初晶の過共晶Siは、微細粒状になっている。

【 0 0 2 2 】

図12は、過冷溶湯のバッチ処理の超音波振動鑄造装置を示す。高温の溶湯を18の鑄型に鑄造し15の超音波振動ホーンを挿入する。21の熱電対で测温して過冷状態になったとき電源のスイッチを入れ高周波電源の出力により10の振動発生器で生じさせた振動を15の超音波振動ホーンを介して12の溶湯に付加する。過冷状態の溶湯は非常に短時間の超音波振動で一気に核生成が生じ結晶粒が微細粒状化に凝固する。

30

【 0 0 2 3 】

図13は、液相線近傍の過冷状態溶湯の鑄型鑄造時の超音波振動鑄造装置を示す。17の砂型や金型などの鑄型に溶湯が冷却し液相線温度直下の過冷状態にあるときに鑄造する。この時、15の超音波振動ホーンは、振動状態にしておき注湯と同時に核生成を生じさせ、鑄型内で結晶粒が微細粒状化に凝固した18の鑄物を得ることができる。

【 0 0 2 4 】

図14は、鑄型鑄造後の静止過冷状態での超音波振動鑄造装置を示す。あらかじめ、17の砂型や金型などの鑄型に15の超音波振動ホーンを挿入する。そこへ12の高温の溶湯を15の鑄型に鑄造し所定時間経過して過冷状態になったとき電源のスイッチを入れ高周波電源の出力により10の振動発生器で生じさせた振動を15の超音波振動ホーンを介して12の溶湯に付加する。15の鑄型内の過冷状態の溶湯は非常に短時間の超音波振動で一気に核生成が生じ結晶粒が微細粒状化に凝固した18の鑄物を得る。

40

【 0 0 2 5 】

図15は、液相線近傍の過冷状態溶湯への連続鑄造時の超音波振動鑄造装置を示す。13の湯口に11の取鍋の12の溶湯が冷却し液相線温度直下の過冷状態にあるときに鑄造する。この時、15の超音波振動ホーンは、振動状態にしておき注湯と同時に核生成を生じさせ、14の水冷却鑄型内で結晶粒が微細粒状化に凝固した16の連続鑄塊を得ることができる。

【 0 0 2 6 】

50

図16は、タンディッシュ内の液相線近傍の過冷状態溶湯への連続鋳造時の超音波振動鋳造装置を示す。19のタンディッシュに11の取鍋の12の溶湯が冷却し液相線温度直下の過冷状態にあるときに注湯する。この時、15の超音波振動ホーンは、振動状態にしておき注湯と同時に核生成を生じさせ、13の湯口を介して14の水冷却型内で結晶粒が微細粒状化に凝固した16の連続鋳塊を得ることができる。

【0027】

超音波振動は、凝固時の過冷の発生を抑止できる。これは通常の静かに冷却した場合などで、水などでは、 -2 位で氷へ凝固する。超音波振動下では凝固時に核生成が促進し、ほとんど過冷が生じることなく凝固する。また、過冷が生じている場合には、超音波振動の付加で一気に凝固が起きる。また、この場合は微細化の効果も高く、高い生産性に結びつくことが予想できる。

このような観点から、アルミニウム合金の凝固時の過冷状態での短時間超音波振動処理を行うことで効率よく連続的に微細組織材料を創製できることが予測できる。過冷状態では少しの衝撃で凝固が生じるが、その時の核生成に効率よく振動が伝達できることで、微細加工が向上することから過冷状態はほんの少しで良く、液相線直下が振動付加制御にふさわしい。

【産業上の利用可能性】

【0028】

金属では、結晶粒が微細になるほど強度が高くなることが知られている。また、結晶粒が微細になるほど靱性も向上する。近年、地球の温暖化や石油資源の枯渇問題から輸送機器の軽量化による省エネルギーが求められている。軽量化に効果が高いのはアルミニウム合金やマグネシウム合金などの軽量材料を用いることである。しかし、自動車などのフレームや足回り部品などでは、高張力鋼板や鉄鋼材料の鍛造品などの靱性や強度が高い材料が使われてきた。アルミニウム合金やマグネシウム合金などでは、そのような部品への適応には靱性や強度の一段の向上が求められている。そのため、この特許で示した凝固時の過冷状態の溶湯に超音波振動を短時間付加するだけで、非常に簡単に微細組織材料を創製する技術を用いることで、安価に生産性が良く高靱性で高強度アルミニウム合金を生産できる可能性がある。これでは、自動車などの複雑形状の足回り鋳造部品。自動車のフレームなど押し成型品を製造するための微細凝固組織のピレットの製造が予想される。

Al-6%Si-4%Fe合金、Al-12%Si-4%Fe合金、Al-18%Si-4%Fe合金、Al-18%Si合金では、初晶にAlSiFe金属間化合物やSiが晶出する。これらは硬度も高く耐摩耗性が高く、高温強度も高くなる。そのため微細粒状化させて、均一分散させれば自動車のエンジンなどのシリンダーの内面に用いることなどが想定される。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】Al-X%Si-4%Fe合金の超音波振動付加による冷却曲線の変化を示すグラフ

【図2】Al-6%Si-4%Fe合金をるつぼ中冷却の組織写真

【図3】Al-6%Si-4%Fe合金における過冷状態での超音波振動付加効果を示す組織写真

【図4】Al-12%Si-4%Fe合金をるつぼ中冷却の組織写真

【図5】Al-12%Si-4%Fe合金へ過冷度2、10sec超音波振動付加したときの組織写真

【図6】Al-18%Si-4%Fe合金をるつぼ中冷却の組織写真

【図7】Al-18%Si-4%Fe合金へ過冷度10、10sec超音波振動付加時の組織写真

【図8】Al-6%Si合金をるつぼ中冷却の組織写真

【図9】Al-6%Si合金へ過冷度2、10sec超音波振動を付加時の組織写真

【図10】Al-18%Si合金をるつぼ中冷却の組織写真

【図11】Al-18%Si合金へ過冷度10、10sec超音波振動を付加したと

10

20

30

40

50

きの組織写真

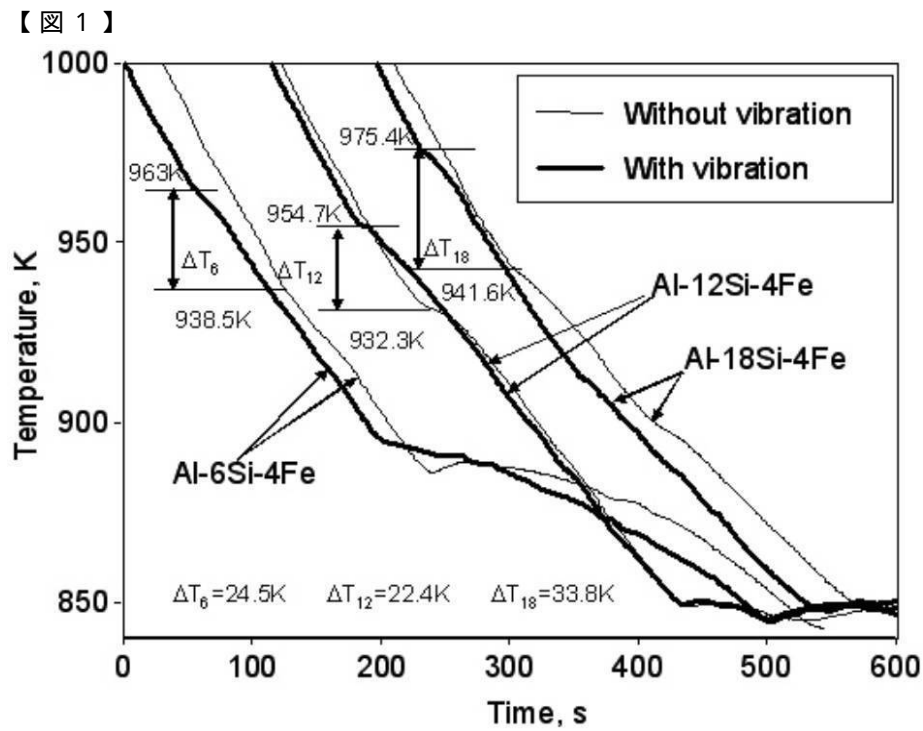
【図12】過冷溶湯のバッチ処理の超音波振動鋳造装置

【図13】液相線近傍の過冷状態溶湯の鋳型鋳造時の超音波振動鋳造装置

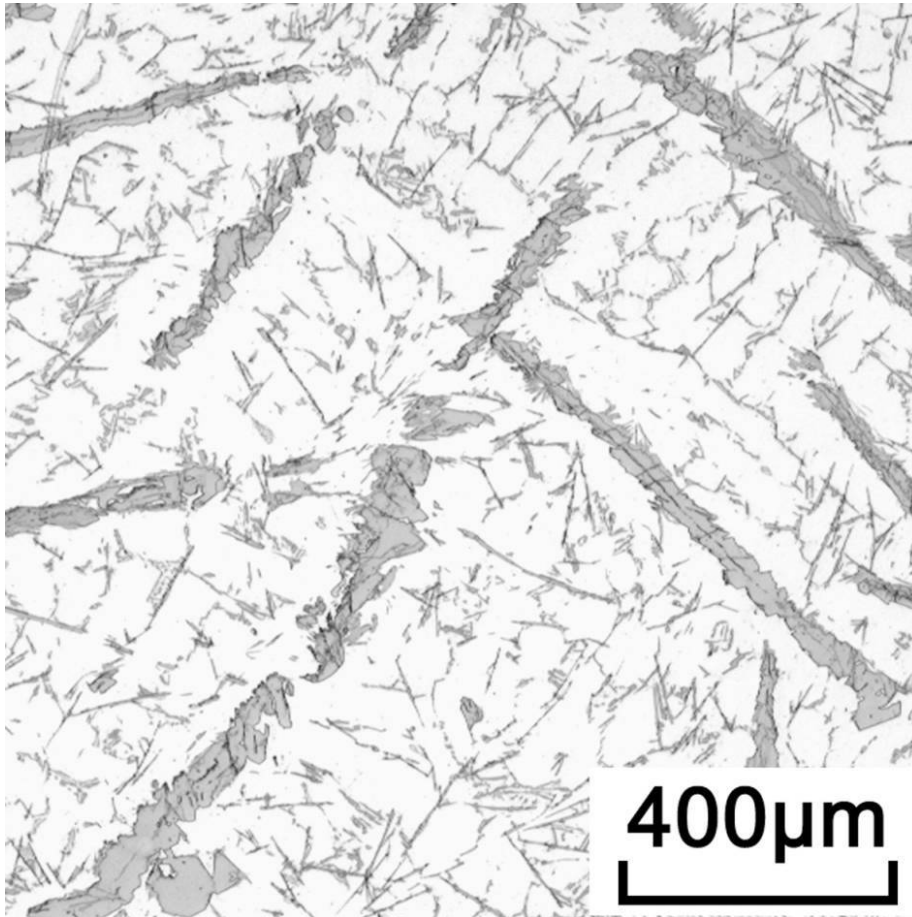
【図14】鋳型鋳造後の静止過冷状態での超音波振動鋳造装置

【図15】液相線近傍の過冷状態溶湯への連続鋳造時の超音波振動鋳造装置

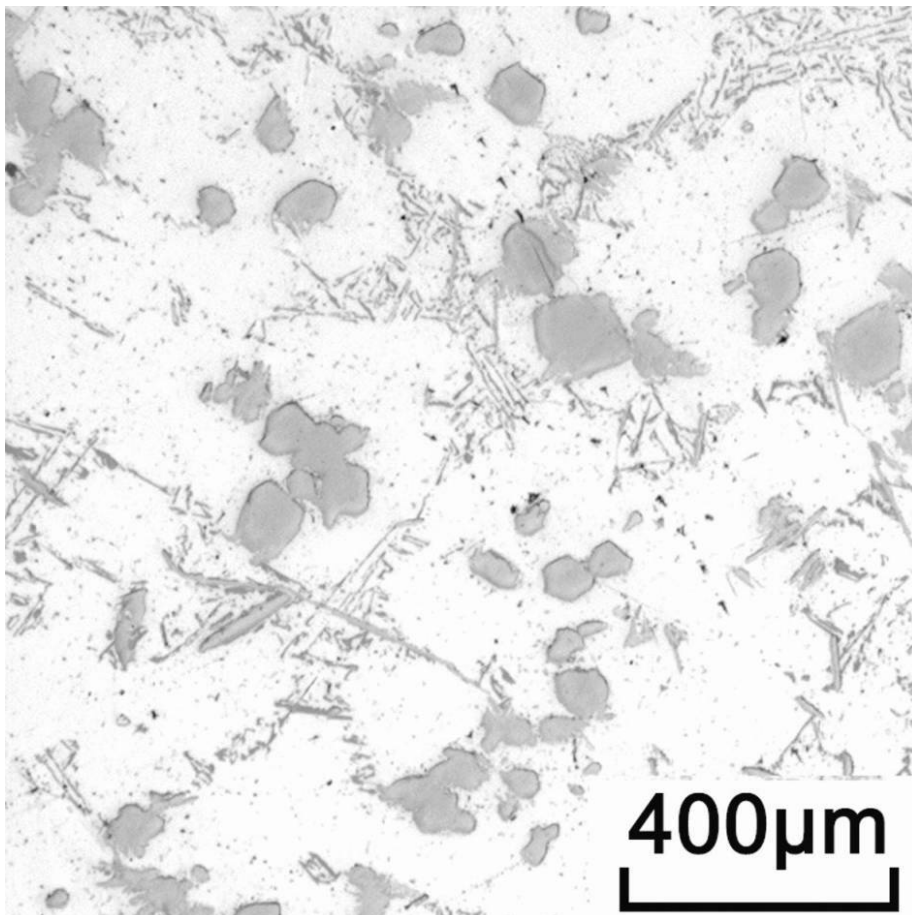
【図16】タンディッシュ内の液相線近傍の過冷状態溶湯への連続鋳造時の超音波振動鋳造装置



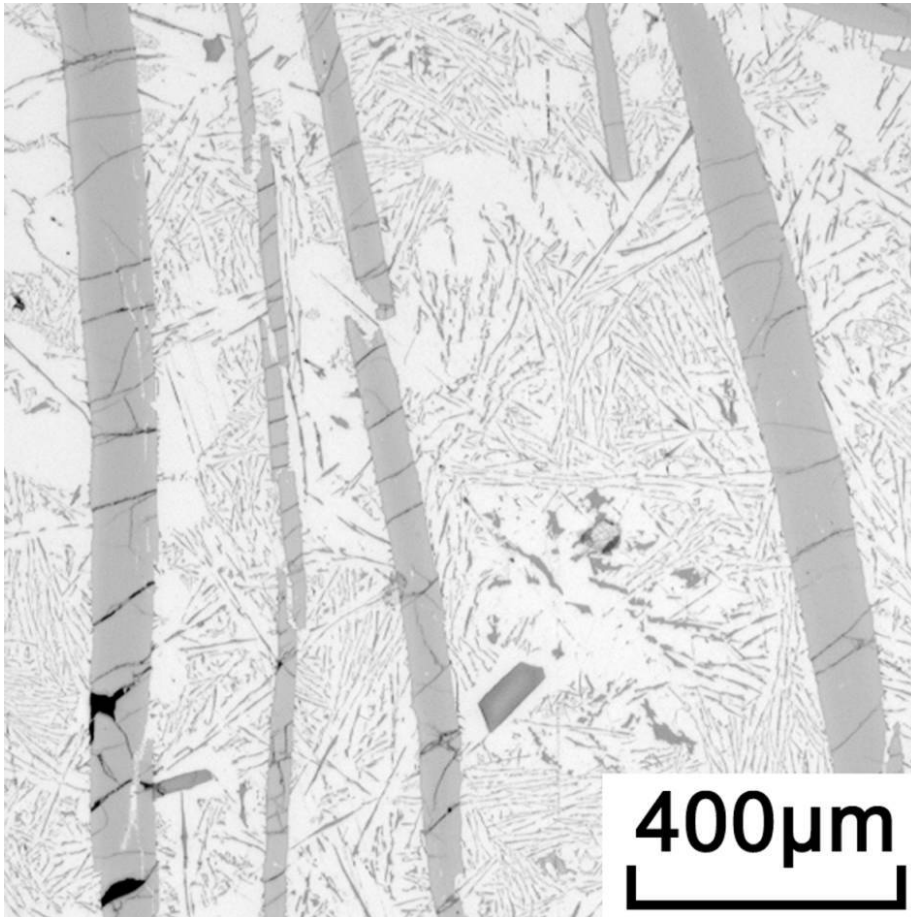
【 図 2 】



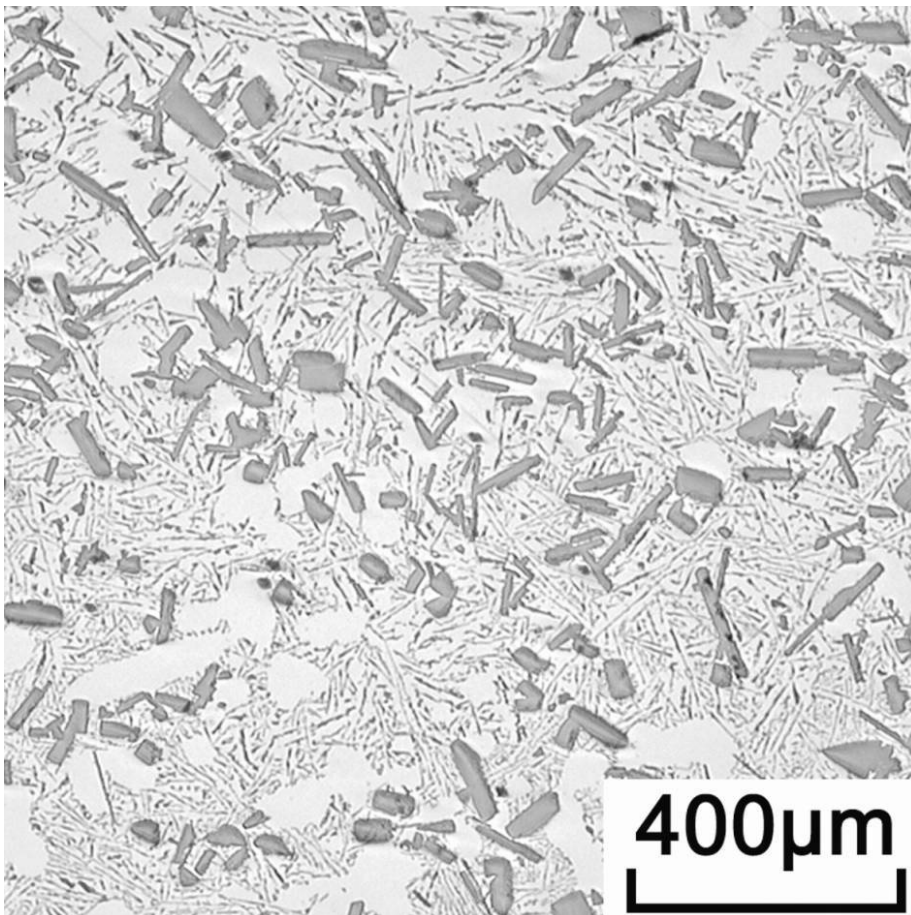
【 図 3 】



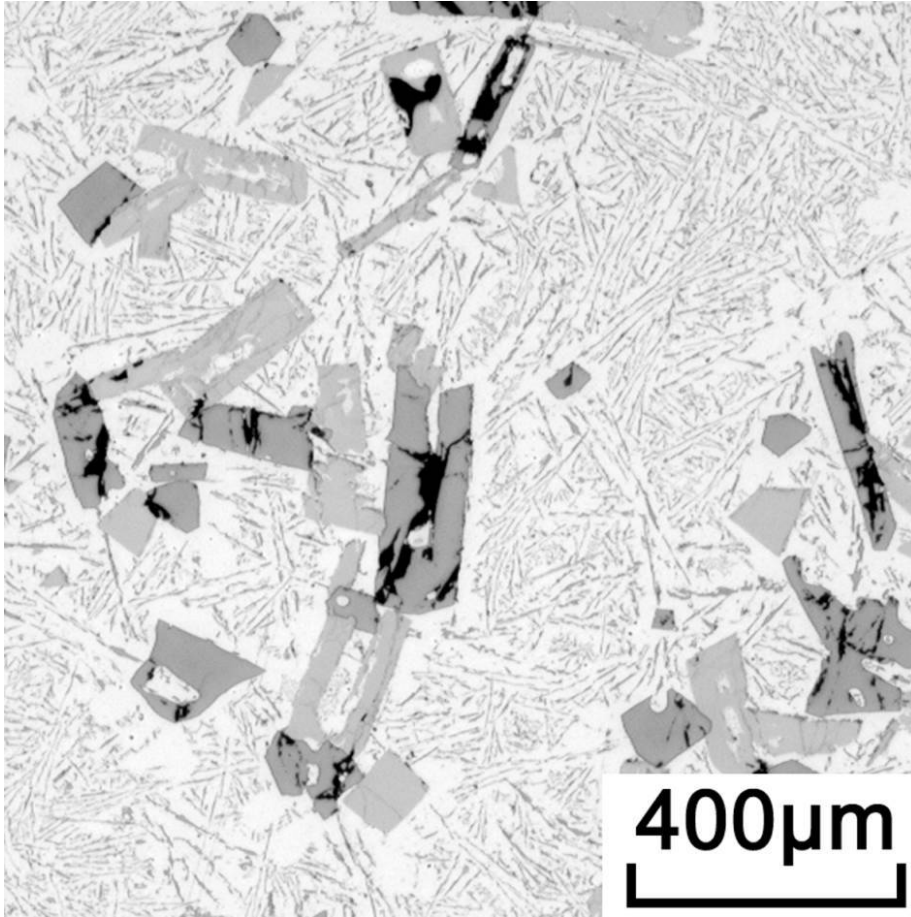
【 図 4 】



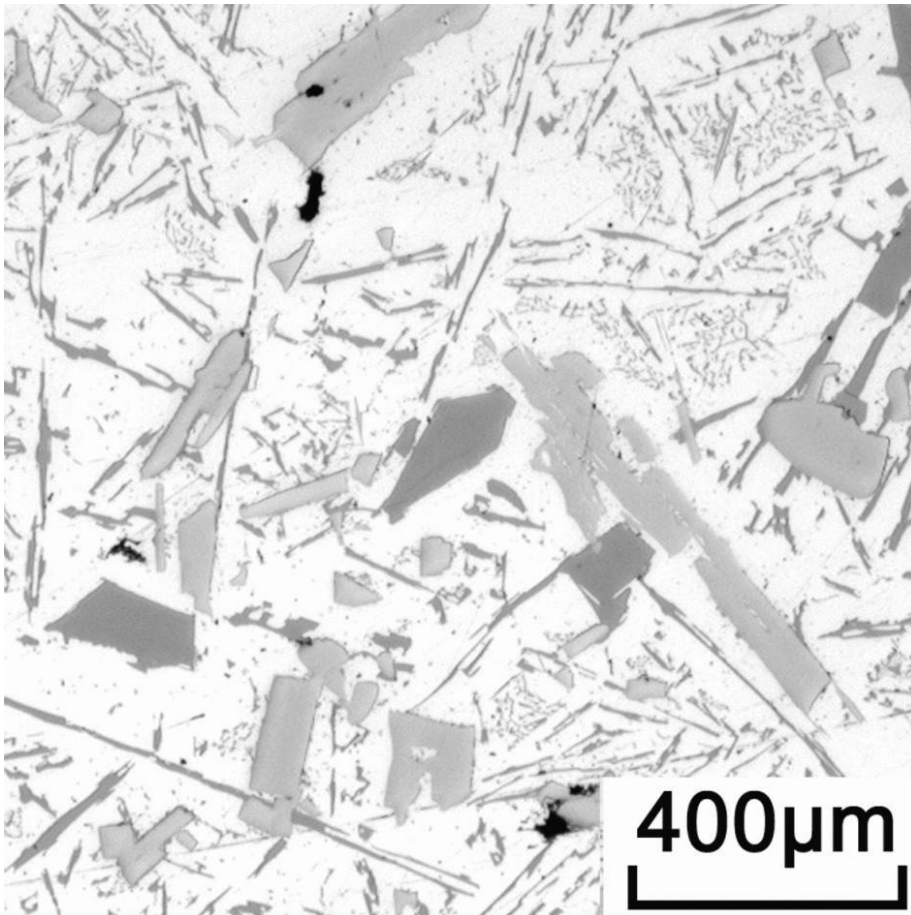
【 図 5 】



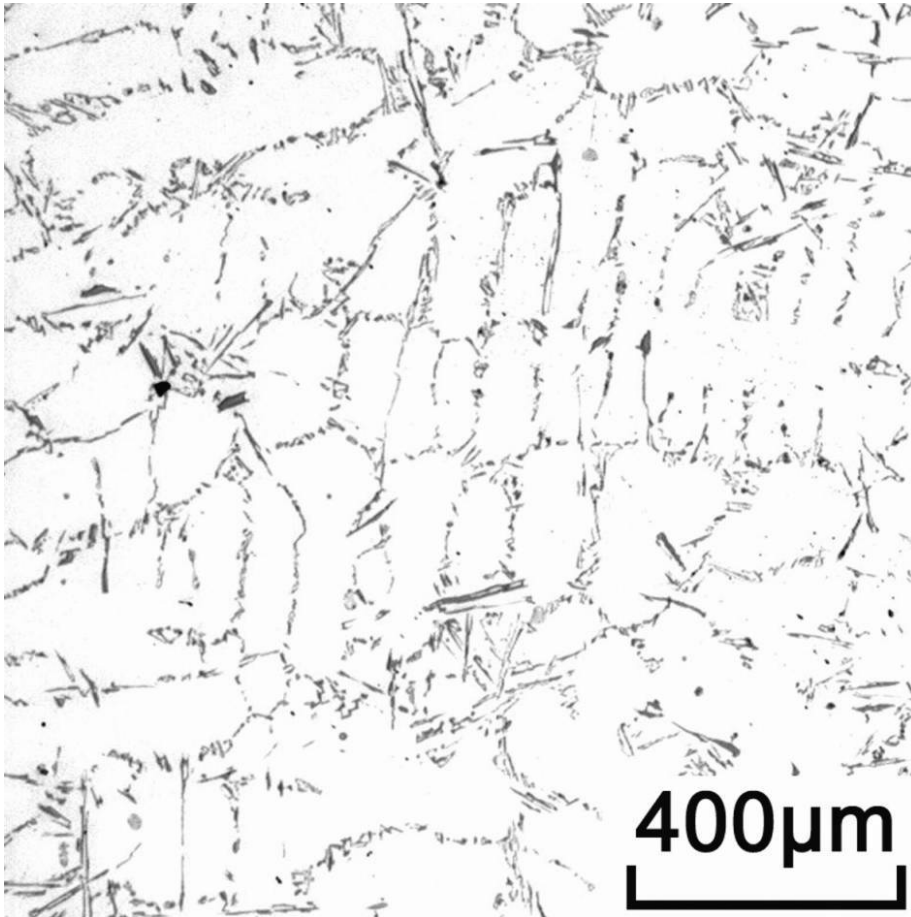
【 図 6 】



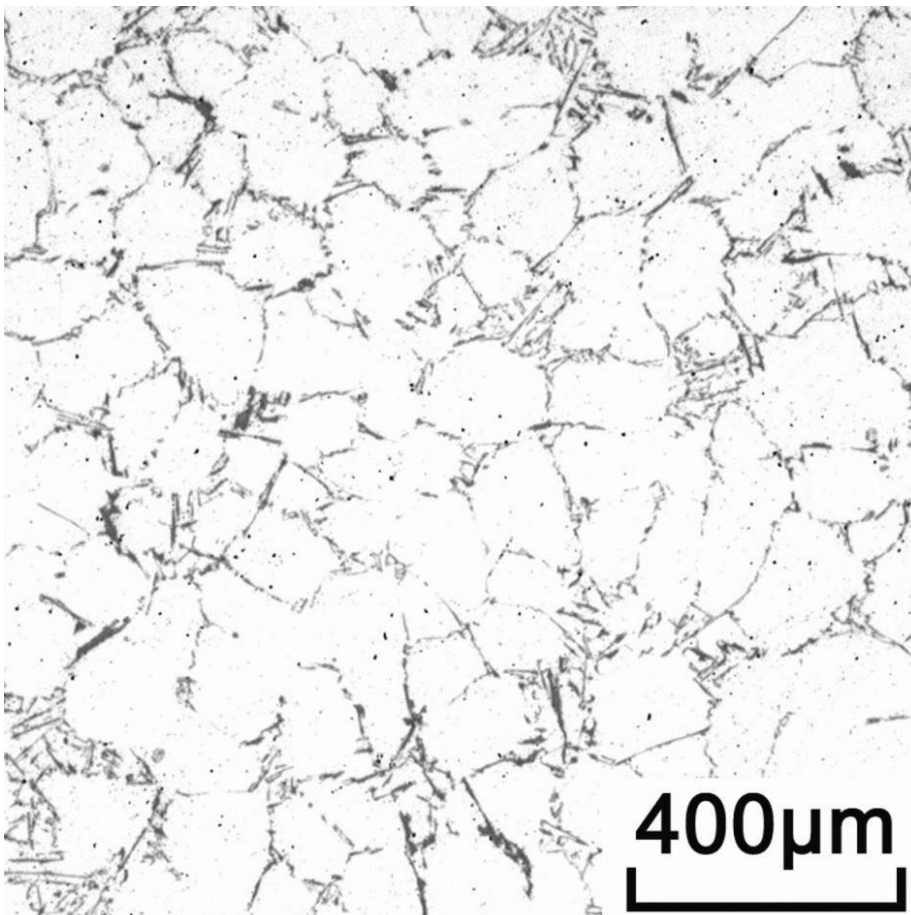
【 図 7 】



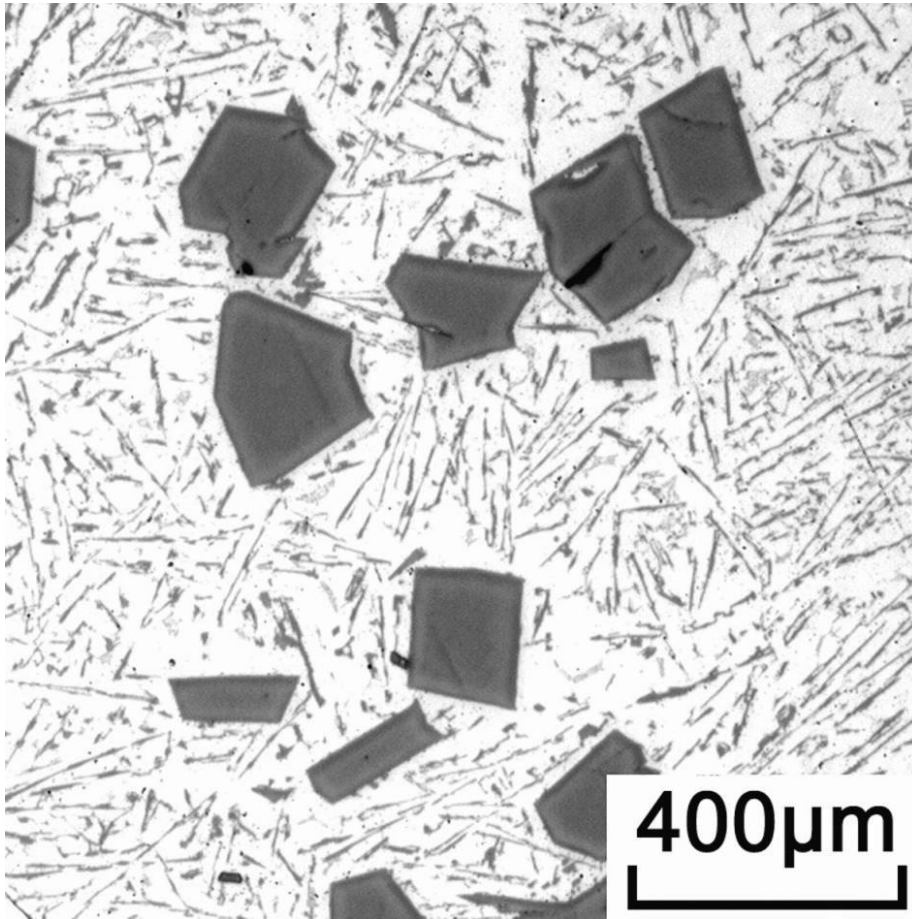
【 図 8 】



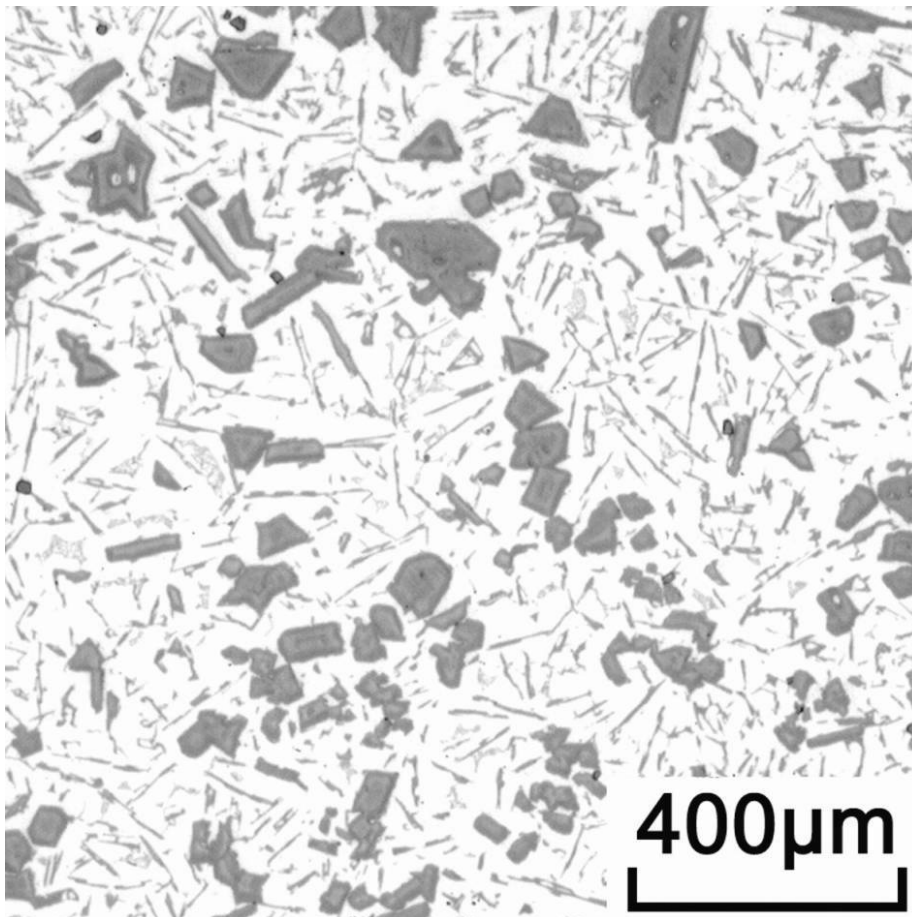
【 図 9 】



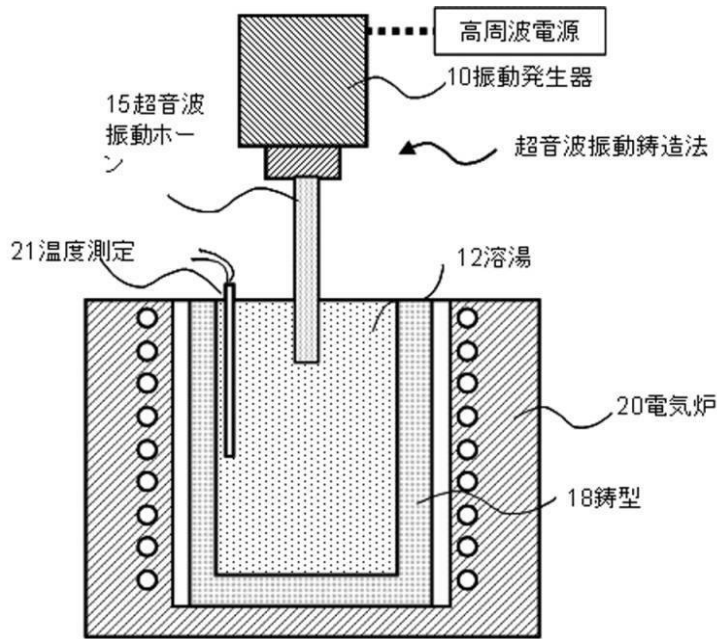
【図 1 0】



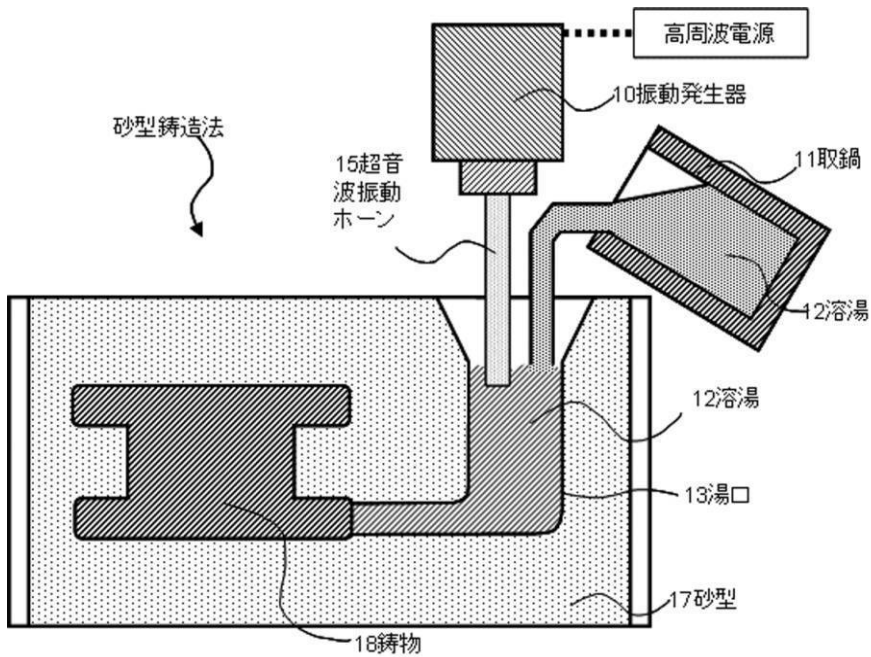
【図 1 1】



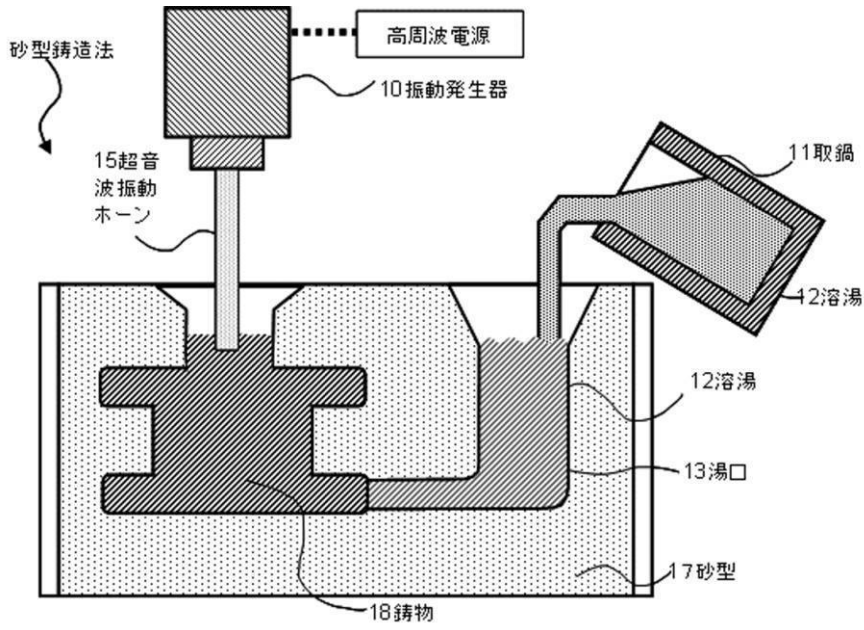
【 図 1 2 】



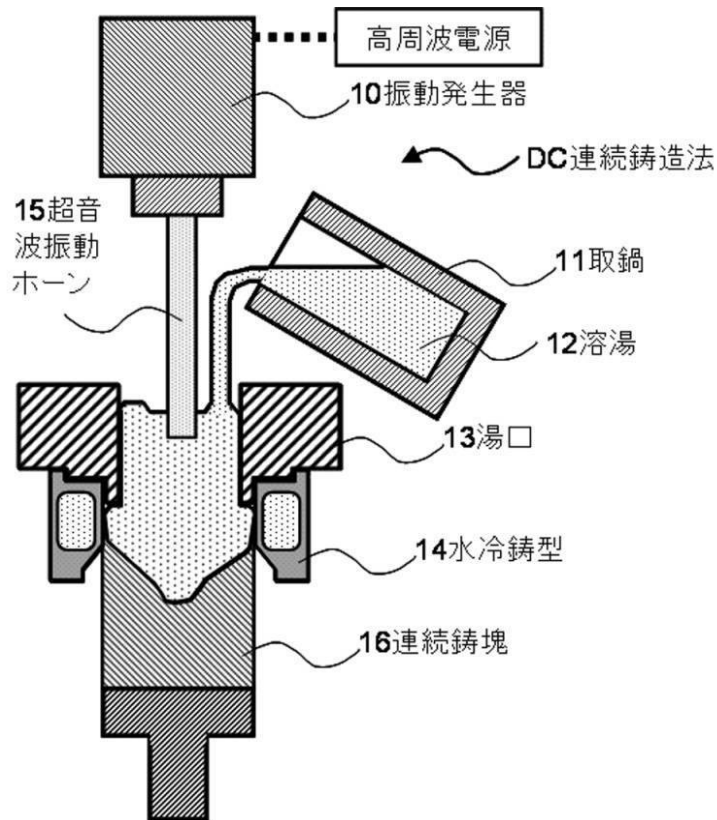
【 図 1 3 】



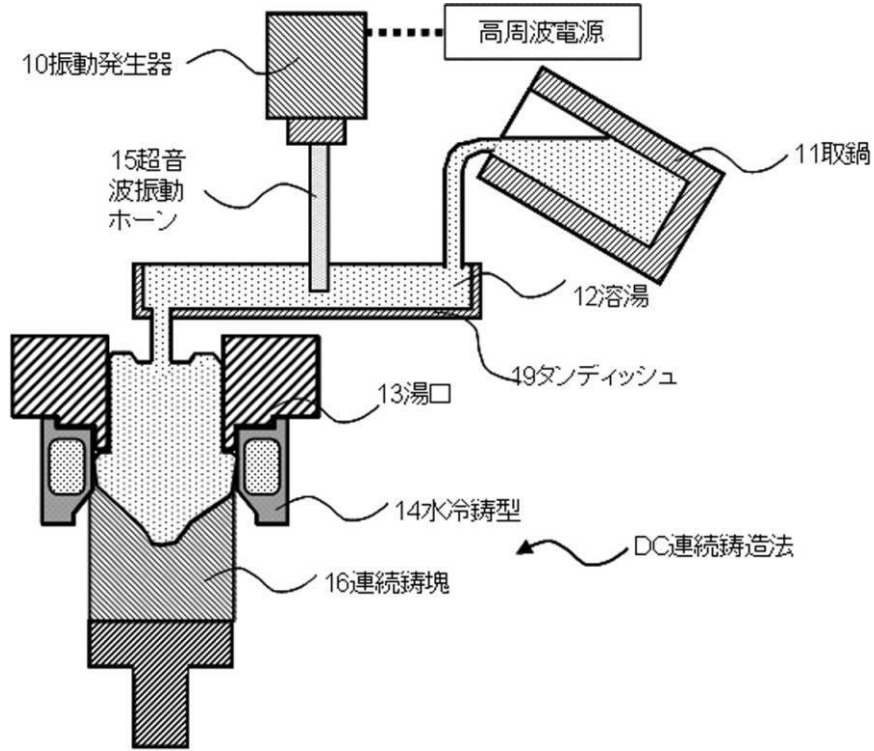
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【図16】



フロントページの続き

審査官 川崎 良平

- (56)参考文献 特開2004-209487(JP,A)
特開平11-033692(JP,A)
特表平06-509498(JP,A)
特開2006-102807(JP,A)
大澤嘉昭、高森晋、木村隆、鉄を4mass%含有したAl-Si合金に生成する金属間化合物の形状制御と組織解析、第147回全国講演大会講演概要集、日本、(社)日本鑄造工学会、2005年10月11日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 9/02

B22D 17/00, 21/04, 27/20