

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「耐熱性に優れた共晶黒鉛鋳鉄による鋳ぐるみ技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成26年3月

委託者	東北経済産業局
委託先	公益財団法人あきた企業活性化センター

目 次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 1-2 研究体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1-3 成果概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

第2章 本 論

- 2-1 冷やし金を使用しない片状黒鉛鋳鉄の黒鉛微細化技術の開発・・・・・・ 7
- 2-2 Ni合金鋳ぐるみ技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
- 2-3 製造コスト・製造日数及び耐久性の総合評価・・・・・・・・・・・・ 15

第3章 全体総括

- 3-1 研究開発成果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
- 3-2 研究開発後の課題・事業化展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18

「耐熱性に優れた共晶黒鉛鋳鉄による鑄ぐるみ技術の開発」

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

ガラス瓶成型用金型は、ねずみ鋳鉄（共晶黒鉛）が主に使用されており、ガラス瓶成型時に高温にさらされると共に、成型時の強い衝撃により接触面が摩耗し易い。

そのため、これまではNi合金を肉盛溶接して耐熱性・耐摩耗性を付与してきた。しかし溶接は溶接前の面引き加工等をする必要があり、製造工程が多くなる為に製造コスト・納期が掛かっている。

本研究では上記の解決方法として、黒鉛微細化効果に一般的である冷やし金を使用することなく片状黒鉛鋳鉄を微細化（共晶黒鉛化）し、微細化した共晶黒鉛鋳鉄を用いたNi合金鑄ぐるみ法を開発し、製造コスト・納期の低減を図る。

そのためには、以下の研究開発項目を実施する。（以下実施内容）

① 冷やし金を使用しない片状黒鉛鋳鉄の黒鉛微細化技術の開発

（秋田扶桑精工株式会社、秋田県産業技術センター）

これまでの研究に基づき、合金添加材として黒鉛微細化作用をもつTi、Mo等を添加することによって、微細化の目標となる結晶セルサイズ、CE値、熱伝導率、硬度等をコントロール出来ることから、TiとMo等を含めた元素の最適添加量を溶解テストで作製し、その試料を各種評価し、目標とする微細化黒鉛組織（共晶状黒鉛）の形成とCE値及び熱伝導率、熱膨張係数への影響がない最適条件を確立する。

黒鉛微細化技術の開発は、これまでの基礎研究結果と秋田県産業技術研究センターの基本技術の応用により秋田扶桑精工株式会社と秋田県産業技術センターが行う。

①-1 微細化効果を促進する金属の最適添加割合の確立

（秋田扶桑精工株式会社）

微細化を促進するTiとMo等を含む各種元素の最適添加量を見極め、最適条件を確立する。

①-2 黒鉛組織の微細化及びCE値の評価

（秋田扶桑精工株式会社）

デジタルマイクロスコープ及び光学顕微鏡を用いて、黒鉛組織を観察し評価する。（黒鉛サイズは寸法測定する）

①-3 物性評価

（秋田県産業技術センター）

熱伝導率測定装置や引張試験器、ブリネル硬度計を用いて熱伝導率、硬度、引っ張り強さ及び比熱等の物性を目標値と比較し評価する。

② Ni合金鑄ぐるみ技術の開発

(秋田扶桑精工株式会社、秋田県産業技術センター)

上記で得た共晶黒鉛鑄鉄の鑄造技術を用いて、鑄鉄-Ni合金の最適接合条件を確立する。

②-1 インサート材 (Ni合金) の最適接合条件の確立

(秋田扶桑精工株式会社)

インサート材を設置した鑄型に鑄鉄を注湯するテストを行う。

②-2 接合状態の評価

(秋田県産業技術センター)

鑄ぐるみ接合部は、現有の超音波映像装置や光学顕微鏡、デジタルマイクロスコープを用いて接合界面で発生する空隙等の欠陥を観察し評価する。また、結合強度に影響する接合界面における合金化状態及び接合界面組織は現有のEDS分析で化学成分等の評価する。さらに、常温での引張試験、並びに高温での引張試験を行い、材料強度特性及び接合強度を測定する。

③ 製造コスト・製造日数及び耐久性の総合評価

(秋田扶桑精工株式会社)

研究開発が実操業に与える効果を評価する。

③-1 鑄鉄材料費の低減

鑄鉄の歩留り向上による非製品部のリサイクル率を低減できるような湯道・押湯・堰の寸法や取り付け位置や不良の少ない鑄造方案を設計し、製品歩留りの向上を図る。

③-2 金型製造日数の低減

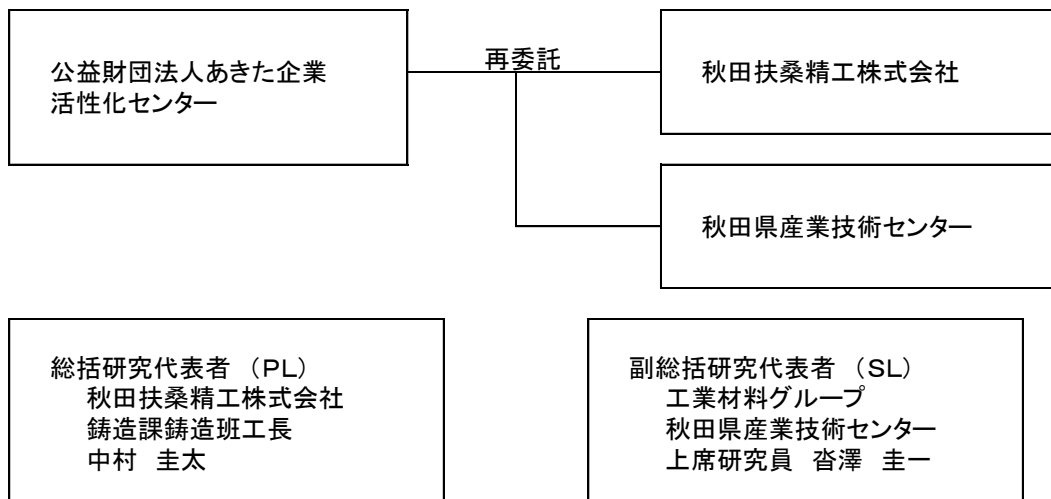
研究開発の効果により金型最短製造日数の低減を図る。

③-3 実用性・耐久性及び市場競争力の評価

Ni合金の鑄ぐるみ技術を用いて製造した試作金型を使用して、数度の小規模の量産試作を行い、製造納期及びコスト等の量産性を評価する。また、川下製造業者において、実用性を目的に耐久性評価を行う。

1-2 研究体制

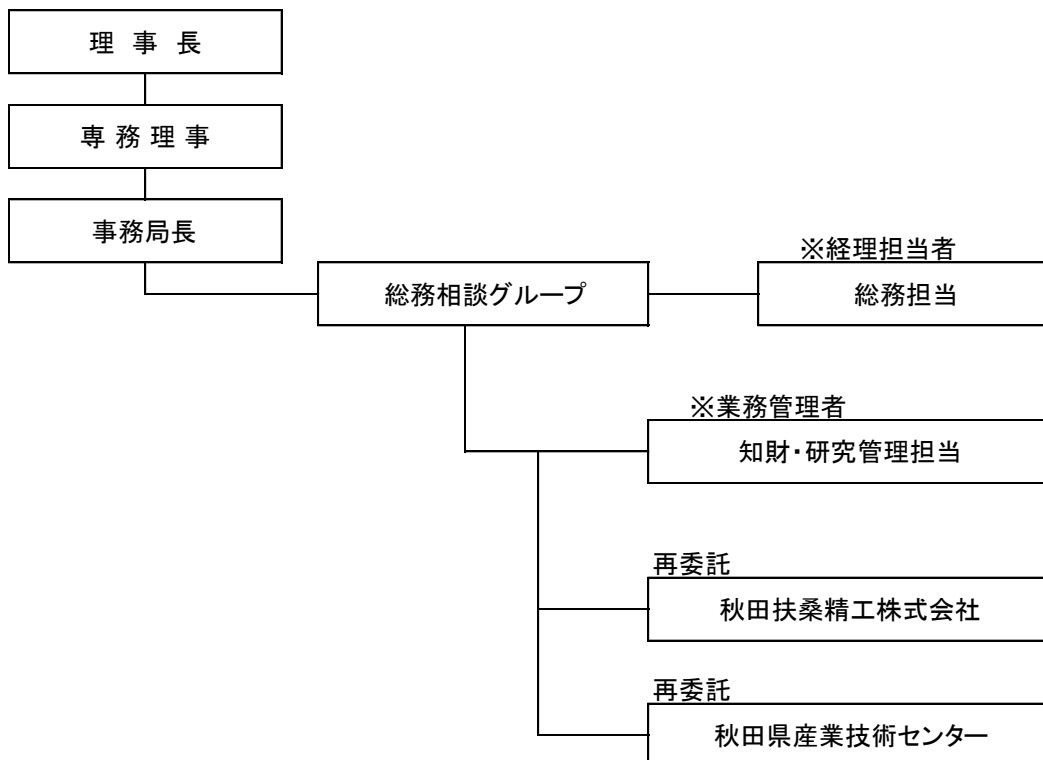
1) 研究組織全体



2) 管理体制

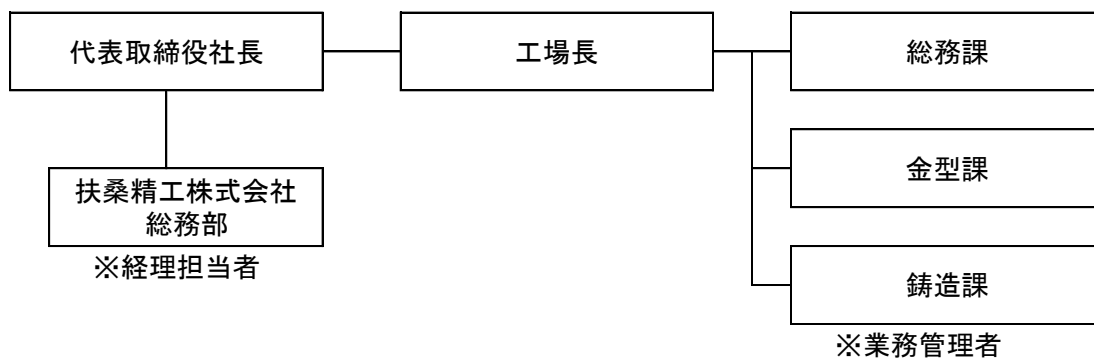
①事業管理者

[公益財団法人あきた企業活性化センター]

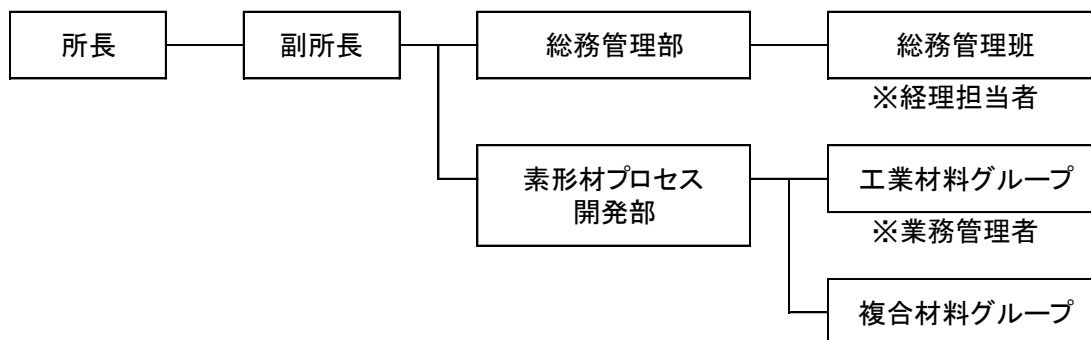


② (再委託先)

[秋田扶桑精工株式会社]



[秋田県産業技術センター]



1-3 成果概要

① 冷やし金を使用しない片状黒鉛鑄鉄の黒鉛微細化技術の開発

①-1 微細化効果を促進する金属の最適添加割合の確立

片状黒鉛鑄鉄の黒鉛微細化を図ることを目的として、各種合金の添加量や溶解条件について検討した結果、過共晶組成並びに亜共晶組成鑄鉄それぞれに Ti を添加し、溶湯保持をすることによって、現状金型材質と同等の黒鉛サイズが得られた。

①-2 黒鉛組織の微細化及び CE 値の評価

①-1 項において得られた黒鉛微細化試料について、金属組織観察や黒鉛面積率測定によって、黒鉛サイズ等について評価した結果、亜共晶組成鑄鉄 (CE 値 < 4.3) に Ti を添加し、溶湯保持をすることによって、ガラス瓶成型用金型に適した微細黒鉛が得られた。

①-3 物性評価

①-1 項において得られた黒鉛微細化試料について各種物性値評価を行った結果、目標とする成果が得られた。

結果を表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 物性値評価

	黒鉛形状	ブリル硬度 (10/3000)	引張強さ (N/mm ²)	熱伝導率 (kcal/m・hr・°C)	熱膨張係数 ×10 ⁻⁶ /°C	黒鉛長さ (mm)	共晶セル数 (個/mm ²)
目標	D型(共晶 黒鉛)	≤165	≥250	30~40 (500°C)	10~16 (30~800°C)	≤0.03	40~50
実績	D型(共晶 黒鉛)	123	279	35.4 (500°C)	14.2 (30~800°C)	0.01 ~0.03	≒40~50

② Ni 合金鑄ぐるみ技術の開発

②-1 インサート材(Ni 合金)の最適接合条件の確立

製品に必要な鑄鉄 - Ni 合金比率における鑄ぐるみテストを実施し、良好な結果を得られた為、実操業レベルでのテストを実施することとした。

実操業レベルでの課題の一つに砂中子へのインサート材(Ni 合金)設置方法があり、各種検討及び確認テストを実施した結果、砂中子作製時に設置溝を作製し、インサート材(Ni 合金)を固定することによって、加工寸法に影響がない鑄ぐるみ設置方法を確立した。

また、鑄造シミュレーションを活用して鑄造方案を決定し、鑄ぐるみ試作品を製造することができた。

②-2 接合状態の評価

鋳鉄 - Ni 合金の鋳ぐるみ接合と鋳鉄 - Ni 合金の溶接接合(従来工程)における接合強度を引張試験にて確認したところ、鋳鉄 - Ni 合金の鋳ぐるみ接合の接合強度が、従来の溶接接合と比較し、高強度であることが確認できた。

また、② - 1 項において作製した鋳ぐるみ試作品の接合状態の確認を行ったところ、健全な接合であることが確認できた。

③ 製造コスト・製造日数及び耐久性の総合評価

③-1 鋳鉄材料費の低減

鋳造シミュレーションを活用し、湯流れ解析や鋳造方案について解析検討を行った結果、製造歩留りを約 3~7%まで向上できる見込みが得られた。

③-2 金型製造日数の低減

Ni 合金鋳ぐるみ鋳造工程で製造した際の金型製造日数を調査及び実測したところ、最短製造日数目標を 3 日短縮に対して 2.9 日短縮できることが実証でき、目標を達成することができた。

③-3 実用性・耐久性及び市場競争力の評価

実用性については、出荷前検査と同様に表面及び Ni 合金の接合状態の検査並びに寸法検査を行ったところ、実用性に問題が無い結果を確認できた。

耐久性は、成形サイクル短縮のため、高い熱伝導率と熱膨張率が小さいことが求められることから、金型の熱伝導率並びに熱膨張係数が重要な物性値となる。

そこで、現状金型との比較検討を行ったところ、熱膨張係数については同等程度だが、熱伝導率や Ni 合金部の融点や硬度については優位な結果が得られ、目標とする物性値を達成できた。

以上のことから高耐久性ガラス瓶成形金型の実用化に目処がついた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

住所：〒010-8572 秋田市山王三丁目 1 番 1 号 秋田県庁第二庁舎 2 階

名称：公益財団法人あきた企業活性化センター

Tel: 018-860-5614

Fax: 018-863-2390

連絡担当者所属役職・氏名：総務相談グループ

知財・研究管理担当

担当リーダー 松橋 亨

第2章 本論

2-1 冷やし金を使用しない片状黒鉛鑄鉄の黒鉛微細化技術の開発

2-1-1 微細化効果を促進する金属の最適添加割合の確立

片状黒鉛鑄鉄の黒鉛微細化を図ることを目的として、溶解・鑄造実験を行い、各種合金の添加量や溶解条件について検討した。

主な溶解実験内容は以下の通りである。

- ・過共晶鑄鉄における Ti 添加による黒鉛微細化の検討
- ・過共晶鑄鉄における Ti、Mo、V の複合添加による黒鉛微細化の検討
- ・過共晶鑄鉄における Ti 添加と CE 値変化による黒鉛微細化の検討
- ・Ti、Mo、V の複合添加及び Mg 接種による黒鉛微細化の検討

これらの溶解実験において、黒鉛の微細化元素並びに耐熱性効果元素等について一定の成果が得られてきたが、試作金型において、金型内壁(姿部)の磨き工程時に黒鉛が剥離し、一部肌荒れが生じたことから、安定的に黒鉛を微細化するための条件として合金元素並びに CE 値や溶湯保持時間、微量 RE 効果について検討した。

主な溶解実験内容は以下の通りである。

- ・過共晶鑄鉄における Ti 添加+溶湯保持による黒鉛微細化の検討
- ・亜共晶鑄鉄における Ti 添加+溶湯保持による黒鉛微細化の検討
- ・Ti 添加+溶湯保持+微量 RE 効果による黒鉛微細化の検討

2-1-2 黒鉛組織の微細化及び CE 値の評価

2-1-1 項において得られた材料について、金属組織観察や黒鉛面積分布測定にて評価した。写真 2-1-2-1 に黒鉛微細化が最も良かった亜共晶及び過共晶+Ti 添加+溶湯保持による黒鉛微細化の顕微鏡観察写真を示す。

光学顕微鏡にて共晶セル 1 個を拡大観察し、評価を行った結果、過共晶及び亜共晶試料は、現状材質と同等の共晶セルサイズであることを確認できた。

また、図 2-1-2-1 には、微細黒鉛面積分布を示す。なお、分布図は横軸が黒鉛面積(μm^2)、縦軸が黒鉛数である。

微細黒鉛面積の分布は、1 個当りの黒鉛の面積が約 $100\mu\text{m}^2$ 以下に集中しており、特に $50\mu\text{m}^2$ 以下に多く分布している。この特徴は現状材質の微細黒鉛面積分布の特徴に類似しており良好な結果となった。

さらに、この顕微鏡観察時に黒鉛長さをスケールにて評価したところ、黒鉛長さが $0.01\sim 0.03\text{mm}$ の範囲にあることが確認された。

試料	金属組織(低倍率)	黒鉛部拡大(高倍率)
<ul style="list-style-type: none"> ・ 過共晶 (CE 値 > 4.3) ・ Ti 添加 ・ 溶湯保持 		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 亜共晶 (CE 値 < 4.3) ・ Ti 添加 ・ 溶湯保持 		

写真 2-1-2-1 顕微鏡観察写真

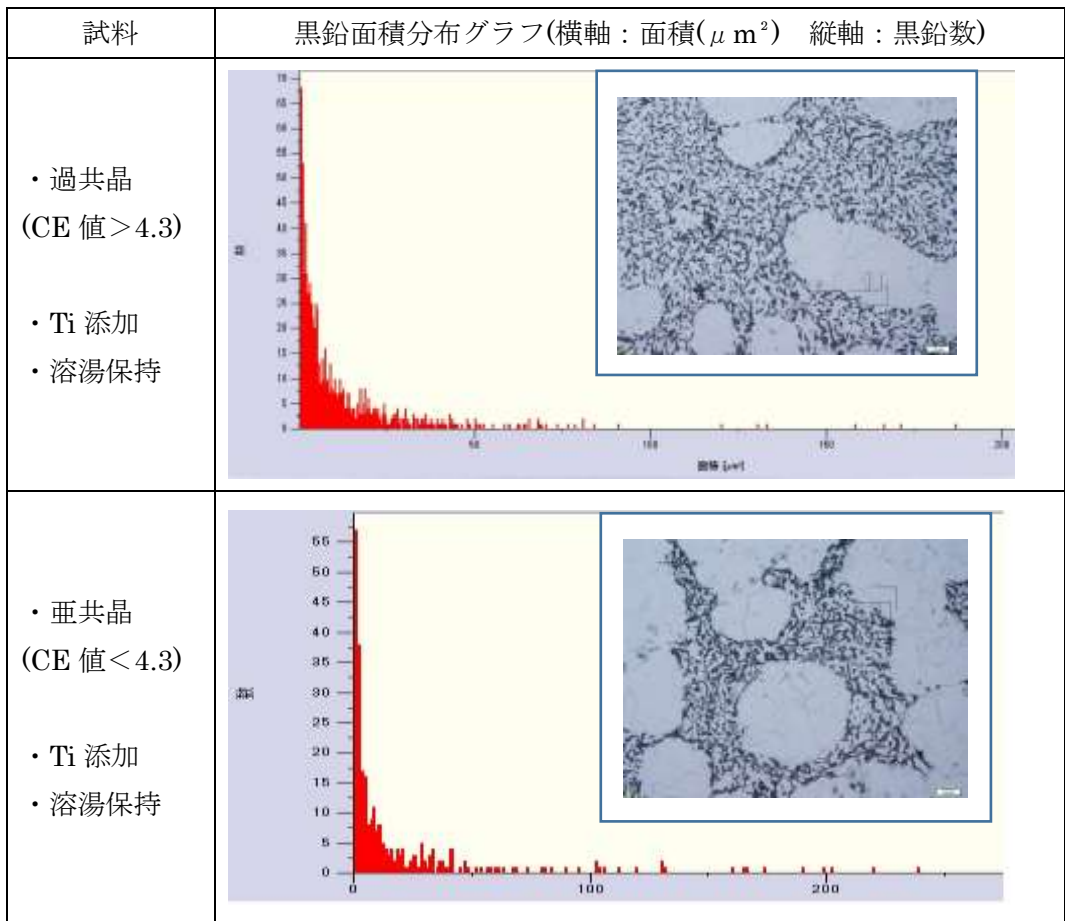


図 2-1-2-1 微細黒鉛面積分布

2-1-3 物性評価

2-1-1項で得られた試料について、各種物性評価を実施し、目標との比較を行った。物性値評価項目の黒鉛形状、ブリネル硬度、黒鉛長さ、共晶セル数は秋田扶桑精工株式会社保有のデジタルマイクロスコープやブリネル硬度計及び光学顕微鏡を用いて評価した。

また、引張強さ、熱伝導率、熱膨張係数は秋田県産業技術センター保有の引張試験機、熱特性測定装置並びに熱膨張測定装置にて測定を行った。

以下に各物性値評価の方法及び測定条件を示す。

・黒鉛形状、黒鉛長さ、共晶セル数

デジタルマイクロスコープ、光学顕微鏡による観察及びスケール等による評価

・ブリネル硬度

測定条件：加圧 3000kgf、加圧時間 30 秒、圧子 10mm 超鋼合金球

・引張強さ

試料：4号引張試験片

・熱伝導率

φ 10mm、高さ 2.0mm に加工し、雰囲気温度を室温、100℃、200℃、400℃、600℃、800℃にて測定した。

・熱膨張係数

φ 4mm、長さ 18mm に加工し、昇降温度条件は 10℃/min、繰り返し温度範囲は 500～900℃にて測定した。得られたデータから線膨張係数を算出し、熱膨張係数とした。

温度 T_1 から温度 T_2 までの上昇に対して長さが変化する割合を示す線膨張係数 α の算出式は次の(1)式のように表される。

$$\alpha = \frac{L[T_2] - L[T_1]}{L_0(T_2 - T_1)} \dots \dots \dots (1) \text{式}$$

$$\left[\begin{array}{l} \alpha : \text{線膨張係数} (\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}) \\ T : \text{温度} (^\circ\text{C}) \\ L_0 : \text{元の長さ} (\text{mm}) \\ L[T] : \text{温度 } T \text{ での長さ} (\text{mm}) \end{array} \right]$$

最も良好に微細な黒鉛が得られた亜共晶+Ti 添加+溶湯保持での試料の実績値と各種物性値の目標値の比較を表 2-1-3-1 に示す。

表より、本研究で得られた材質は、十分な耐久性と実用性を備えたガラス瓶成形金型材質としての適用が可能であると推察される。

表 2-1-3-1 物性値評価

	黒鉛形状	ブリット硬度 (10/3000)	引張強さ (N/mm ²)	熱伝導率 (kcal/m · hr · °C)	熱膨張係数 (×10 ⁻⁶ /°C)	黒鉛長さ (mm)	共晶切れ数 (個/mm ²)
目標	D型(共晶 黒鉛)	≦165	≧250	30~40 (500°C)	10~16 (30~800°C)	≦0.03	40~50
実績	D型(共晶 黒鉛)	123	279	35.4 (500°C)	14.2 (30~800°C)	0.01 ~0.03	≒40~50

2-2 Ni合金鑄ぐるみ技術の開発

2-2-1 インサート材(Ni合金)の最適接合条件の確立

実製品で必要となる鑄鉄 - Ni合金比率を調査し、テストレベルでの接合テストを実施し、良好な接合状態を確認することができた。

このデータを基にインサート材形状や試作用中子寸法を設計し、砂中子にインサート材である Ni合金を設置する方法について検討した結果、砂中子作製時に設置溝ができるように中子取りを作製し、設置溝に Ni合金を固定することによって、加工寸法に影響がないように鑄ぐるみインサート材の設置方法を確立することができた。

また、鑄造シミュレーションソフトを活用して鑄ぐるみ鑄造時の鑄造方案を決定し、試作鑄造したものの鑄ぐるみ接合部を写真2-2-1-1に示す。

この鑄ぐるみ鑄造品は2-2-2項の(2)において接合状態の確認を行った。



写真2-2-1-1 鑄ぐるみ接合部(鑄放し)

2-2-2 接合状態の評価

(1) Ni合金と鋳鉄の接合強度の評価実験

Ni合金と鋳鉄の接合強度について検討するため、引張試験片を作製し、引張試験を実施した。尚、引張試験片は、溶接接合と鋳ぐるみ接合の2種類を作製して比較を行った。

Ni合金溶接部と鋳鉄部の引張試験を実施したところ、溶接接合の場合、約250MPaでNi合金部と鋳鉄部の接合部で破断した。(写真2-2-2-1)

Ni合金と鋳鉄の鋳ぐるみ接合の場合、約278MPaで鋳鉄部から破断した(写真2-2-2-2)ことから、鋳ぐるみ接合の方が従来の肉盛溶接より接合強度が大きいことが分かった。

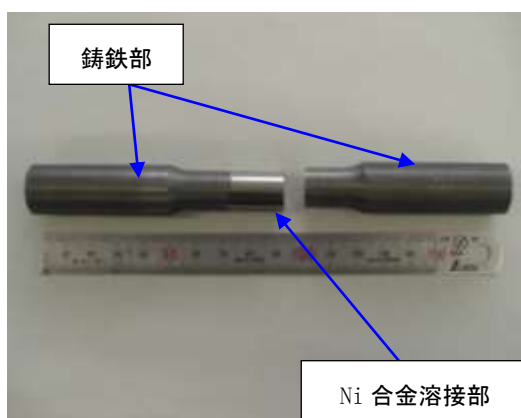


写真2-2-2-1 溶接接合試験片(引張応力:250MPa)



写真2-2-2-2 鋳ぐるみ接合試験片(引張応力:278.8MPa)

また、鋳ぐるみ接合部のマッピング分析結果を図2-2-2-1に示す。

鋳ぐるみ接合部をマッピング分析で観察した結果、鋳鉄とNi合金(インコネル718相当品)の接合境界部は、Fe、Nb、Mo、Ti、Si、Crで主に構成されていると読み取れる。鋳鉄中の含有量が多くないCr、Mo、Nbが接合境界付近に多くあり、Ni合金中の含有量が多くないFe、Siが接合境界部に多く存在していることから、鋳鉄とNi合金が熔融接合していることが確認できた。

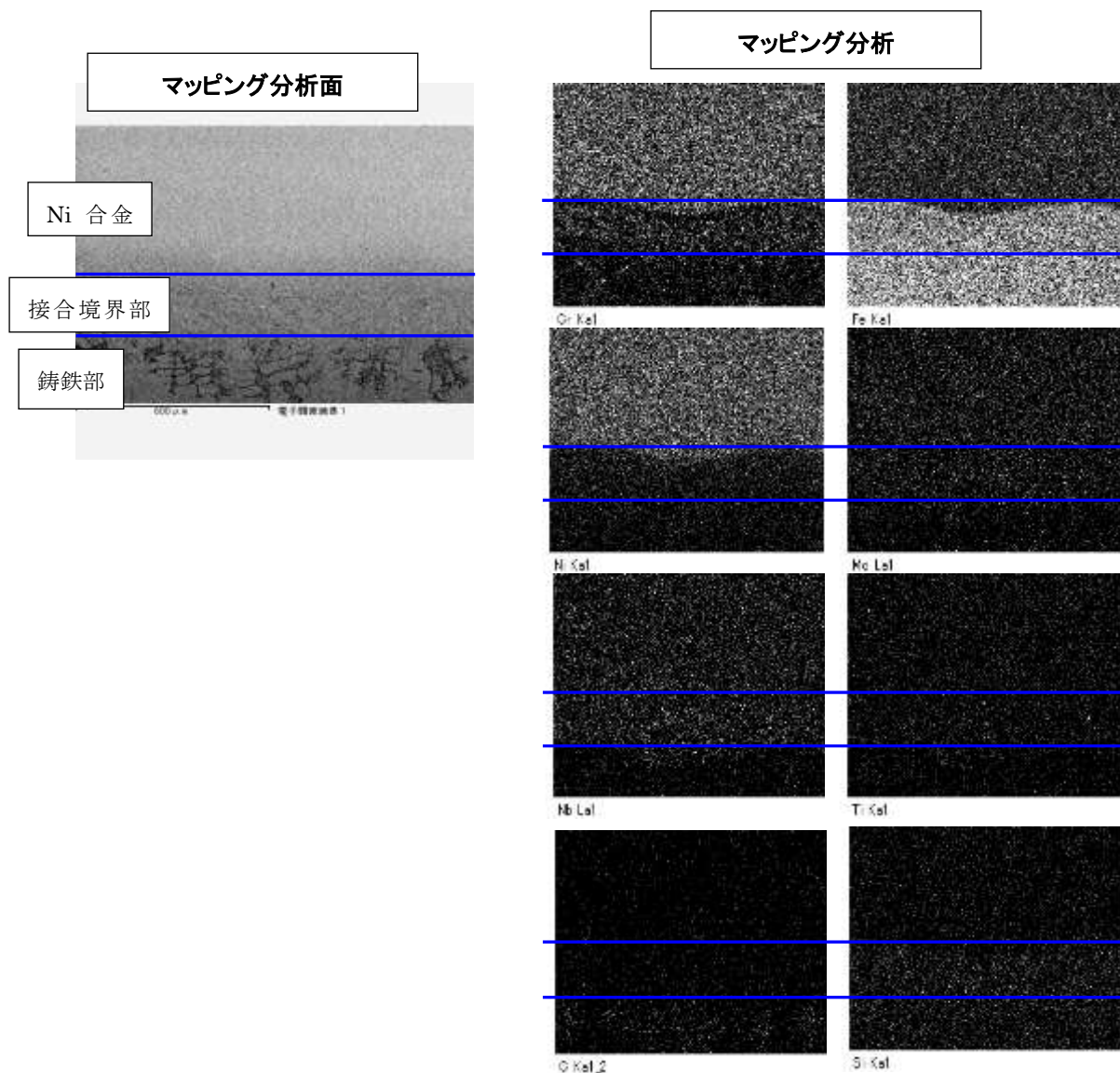


図2-2-2-1 鋳ぐるみ接合部マッピング分析

(2) 鑄ぐるみ鑄造試作品の接合状態の確認

2-2-1項において作製した鑄ぐるみ鑄造試作品の接合状態を確認するため、実操業と同様の加工を施して鑄ぐるみ接合部の状態確認を行った。

写真2-2-2-3には、ガラス瓶成型面の鑄ぐるみ接合部のデジタルマイクロスコープ観察写真を示すが、拡大観察において健全な接合状態を確認できた。

また、光学顕微鏡による接合部の金属組織観察写真を写真2-2-2-4に示すが、鑄鉄とNi合金の溶融状態が観察され、実操業においても鑄ぐるみによるガラス瓶成形金型製造が可能であることが確認できた。



写真2-2-2-3 内径鑄ぐるみ接合部

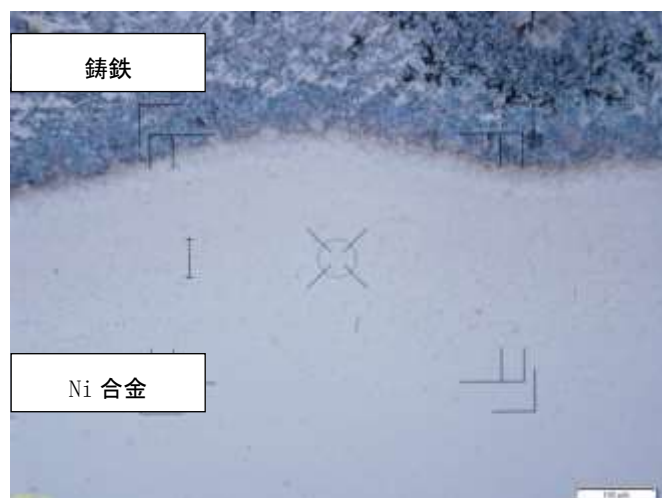


写真2-2-2-4 鑄ぐるみ接合部金属組織観察

2-3 製造コスト・製造日数及び耐久性の総合評価

2-3-1 鋳鉄材料費の低減

鋳造歩留まりの向上を目的として、鋳造シミュレーションを活用し、湯流れ解析や鋳造方案について解析検討を行い、従来方案を3.4~6.9%まで向上することができた。解析結果の一部を表2-3-1-1に示す。

表2-3-1-1 シミュレーション解析結果表

項目	(1)従来方案		(2)湯流れ変更		(3)注湯位置変更	
	湯流れ解析	湯が中子にぶつかって飛び散る		湯が押湯から製品部に滑らかに入る		湯が押湯から製品部に飛び散る
注湯温度(°C)	1380	1290	1380	1290	1380	1290
引け巣の有無	無	無	無	無	無	有
1 枠当り製品重量(kg)	19.0		19.0		19.0	
実作業時の1ch 当り枠数	14		15		16	
1ch 当り余り湯 (kg)	30.6		12.9		12.4	
1ch 当り製造歩留り向上率(%)	-		+3.4%		+6.9%	
総評			湯流れが良好で引け巣欠陥ナシ。製造歩留りも上昇し良好。		湯流れ・引け巣欠陥が改善されれば製造効率上昇によるコスト削減効果大きい	

2-3-2 金型製造日数の低減

Ni 合金鋳ぐるみ鋳造工程で製造した際の金型製造日数を調査及び実測したところ、最短製造日数目標を3日短縮に対して2.9日短縮できることが実証でき、ほぼ目標を達成することができた。

2-3-3 実用性・耐久性及び市場競争力の評価

2-2項の鋳ぐるみ技術を用いて試作した金型の実用性並びに耐久性について評価を行った。

(1) 実用性に関する評価

① Ni合金接合部目視検査

写真2-3-3-1に示すNi合金接合部について、空隙等の欠陥の有無を目視検査した結果、良好な結果が得られた。



写真 2-3-3-1 Ni合金接合部の目視検査

② 金型寸法検査

試作金型の各寸法を検査したところ、図面指示通りの寸法基準を満たしていた。

(2) 耐久性に関する評価

従来工程の溶接法で使用しているNi合金と開発技術の鋳ぐるみ法で使用しているNi合金の機械的性質等について比較検討を行った。

比較検討を行った結果、開発金型素材の熱伝導率並びに熱膨張係数は、現状金型より同等以上を示すことが確認できた。

また、Ni合金についても、接合強度、硬度、融点、熱膨張係数について、現状の肉盛り溶接に比較すると、鋳ぐるみ法によって製造された金型が優れた物性値を示すことが確認できた。

以上のことから、本技術開発によって、高耐久性ガラス瓶成形金型の開発と実用化に目処がついた。

最3章 全体総括

3-1 研究開発成果

① 冷し金を使用しない片状黒鉛鋳鉄の黒鉛微細化技術の開発

H23年度及びH24年度は微細化効果のある元素の複合添加や添加割合の絞りこみ及び微量RE添加による黒鉛微細化や最適CE値について検討を実施し、ある程度の微細黒鉛を得ることができたが、加工テストを実施した結果、一部の肥大な黒鉛が磨き工程時に黒鉛が剥離し、肌荒れのようになるため課題が残った。

H25年度はTi添加と、溶湯を一定時間保持することによって、安定的に微細な黒鉛を得ることができ、特に、亜共晶組成(CE値<4.3)の鋳鉄は、ガラス瓶成型用金型に適した微細黒鉛組織が得られた。

また、各種物性値を評価した結果、目標値をすべて達成することができた。

② Ni合金鑄ぐるみ技術の開発

H23年度は、鑄ぐるみテストモデルや接合部の評価方法を確立できた。H24年度は製品に求められる鑄ぐるみ比率での接合テストを繰り返し実施し、空隙等の欠陥がない接合状態を得ることができることを確認できた。

H25年度は、実操業レベルにおいて、Ni合金が注湯時に位置ズレが発生しないように設置する方法を確立できた。また、鑄ぐるみ技術を用いたガラス瓶成型金型を試作し、加工及び検査を行ったところ、鋳鉄-Ni合金の健全な接合状態を得ることができた。

さらに、鋳鉄-Ni合金の鑄ぐるみ接合引張試験片を作製し、引張試験を実施した結果、鑄ぐるみ接合が従来工程での溶接接合よりも接合強度が強いことを確認できた。

③ 製造コスト・日数及び市場競争力の評価

H23年度は、事業で導入した鋳造方案CAEシステムの使用及び活用方法を確立した。また、試作金型の選定を行った。

H24年度は鋳造方案CAEシステムを活用して、鋳造歩留りを約3~7%改善できる見込みを得られた。また、鑄ぐるみ接合部の加工工具について選定することができた。

H25年度は開発技術を用いた製造実験で最短製造日数及び時間を調査し、従来工程と比較した結果、2.9日低減することができ、目標を達成した。

さらに、実用性の評価においては、出荷前検査と同様にチェックしたところ、問題がなく、耐久性についても従来工程と鑄ぐるみ法での材質について、熱伝導率及び熱膨張係数並びにNi合金についても、接合強度、硬度、融点等について比較検討したところ、鑄ぐるみ工程の方に優位性がある結果を得られ、本技術開発によって、低コストで高耐久性ガラス瓶成型金型の実用化に目処がついた。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

① 冷し金を使用しない片状黒鉛鋳鉄の黒鉛微細化技術について、Ti 添加+溶湯保持によって、微細黒鉛組織を得ることができ、特に亜共晶組成(CE 値<4.3)の場合、現状金型材質と同等もしくはそれ以上の物性値が得られた。

しかし、量産化を考慮すると溶湯保持時間の短縮等を検討する必要がある。具体的な検討内容としては、保持温度の検討、RE 等の添加による黒鉛微細化と保持時間の検討などによって、最適な黒鉛微細化方法を確立する。

② Ni 合金鋳ぐるみ技術の開発では、実操業で試作した鋳鉄 - Ni 合金の接合部は、注湯温度が低下していくと熔融接合に必要な時間や温度条件が変化するため、未接合部が生じてしまう可能性がある。そのため、量産化に向けた鋳造方案の改善や注湯温度及び注湯温度保持条件について詳細な検討及び確認実験等、補完研究期間を利用して実施していく。

③ 製造コスト・製造日数及び耐久性と市場競争力の評価では、製造日数を 3 日間短縮することを確認した。今後は、さらなるコストダウンに向けて研究を進めることと、金型テストサンプルによる実証試験などを実施し、市場競争力についても評価しながら、低コストで高耐久性のガラス瓶金型の実用化、事業化を目指す。

事業化展開については、現在ガラス瓶の軽量化および形状の多彩化がますます進み、金型にも経費削減やコスト競争力強化、さらには短納期対応がこれまでよりも、いっそう求められる傾向にある。

本事業による研究開発達成の効果としては、製造工数削減とそれに伴う短納期対応力及び低コスト化であり、川下企業のニーズに応えるものである。

ガラス瓶金型をメインで製造している企業の中で、金型材料供給の為に鋳造工場を所有しているのは国内では当社だけである。鋳造から加工までの一貫した製造工程を保有している従来からのメリットに加え、本事業で開発した鋳ぐるみ工法の新技术による差別化により、市場競争力の強化を図れるものである。

さらに、ガラス瓶金型業界に限らず、機械製品、構造物の高性能化に伴い低コスト高機能材料に対しての要求はますます高まってきており、本研究における異種金属の鋳ぐるみ工法は他製品群への展開の可能性についても大きく期待できる。