平成 15 年　戦略的基盤技術力強化事業
研究開発成果報告概要

事業管理法人名	財団法人 素形材センター	代表者名	会長 濃野　滋	所在地	〒105-0011 東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号 Tel：03-3434-3907

管理番号　15K-8
技術分野　金型分野
技術区分　新素材加工金型技術／金型加工技術
技術開発課題　半凝固鉄の鋳造技術
テーマ名　ロストフォーム法による鋳鉄の遷移制御セミソリッド鋳造法及ロストフォーム用金型技術に関する研究開発
研究開発期間　平成 15 年 9 月 4 日～平成 16 年 2 月 5 日

１．委託事業実施の背景と委託事業の概要

わが国の鋳造業は高い技術力を有し、国内外の自動車産業や機械産業に多くの部品を供給してきたが、グローバルな部品調達の進展、各国の技術水準の向上を背景として、海外部品メーカを含む価格競争に直面し、厳しい経営環境下にある。このため、鋳造業が国際競争力を維持、向上するためには、一段と高度な技術・プロセス開発が急務になっている。

多くの複雑形状品が形状自由度の高い砂型鋳造法で製造されているが、現在の砂型鋳造法には、軽量化のための薄肉鋳造品の製造が困難であることや、鋳造欠陥の発生が避けられないという弱点がある。また、鋳物砂の取り扱いに関し、砂管理の難しさ、作業環境の悪化、大量に発生する鋳物廃砂の処理という問題があり、金型等、従来の砂型に替わる鋳造法が期待されるが、鉄等の高融点金属では、金型寿命等の問題があり採用されていないのが現状である。

そのために、安価で高品質・高品位な国際競争力ある鋳造品の鋳造法を開発することを目的として、従来の砂型鋳造法に比べ寸法精度が高く、バリ無しでかつ鋳物廃砂の発生が少ない「ロストフォーム鋳造法」を基本に、鋳鉄溶湯を半凝固状態に制御して比較的低温で注湯する鋳造法とそれに用いるロストフォーム(発泡樹脂模型)を成形するための金型設計･工技術の研究開発を実施するものである。

２．委託事業全体の内容と目標

(1)技術の内容と新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

①技術の内容

本技術は、欧米に比べわが国では普及が進んでいないロストフォーム鋳造法により、鋳鉄のセミソリッド加工(半凝固鉄の鋳造技術)の実現を目指すものである。すなわち、鋳鉄溶湯を通常(約 1450℃)より 200℃程度低い遷移セミソリッド温度領域で、減圧補助機構をもつロストフォーム鋳型に注湯して、高品質の鋳物を製造する鋳造技術と、これに欠くことのできない高精度のロストフォームを量産するための金型技術を開発するものである。これは、高品質、高省エネ、廃砂低減という、品質と環境の両面において画期的な方法である。

②技術の新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

従来の鋳造法は、高強度の薄肉鋳造品の製造が困難であることや、注湯温度が高いことによる収縮による引巣等の鋳造欠陥の発生が避けられないという弱点を持つ。

遷移制御セミソリッド鋳造法は、これらを克服するとともに、砂管理工程をほとんど必要とせず、作業環境の改善、鋳物廃砂のリデュースを可能にする加工法である。本技術の中核は、「減圧補助」機構を持つ鋳型に、鋳鉄溶湯を遷移セミソリッド温度領域で「低温注湯」する「ロストフォーム鋳造法」と、「高精度のロストフォームを金型で量産」する金型技術にある。ここでいう低温注湯とは、鋳鉄溶湯が液相から固相－液相共存状態になる過程(半凝固状態)を制御して鋳造組織をセミソリッド化する(これを遷移制御セミソリッド法という)ような温度領域で、注湯することをいい、鋳鉄の通常の注湯温度 1450℃程度よりも 200℃程度の低温化が可能となる。

なお、この技術は、平成 14 年度「高融点金属のセミソリッド鋳造法の調査研究委員会」で新東工業㈱と日立金属㈱が共同で提案したものであり、遷移セミソリッド温度(1250℃)での鋳鉄の鋳造は全く新規なものである。

(2)技術目標値

減圧補助機構をもつロストフォーム鋳型に、鋳鉄溶湯を通常(約 1450℃)より 200℃程度低い遷移セミソリッド温度領域で注湯して、ダクタイル鋳鉄製異形管の肉厚を現行品 10mm から 5mm まで薄肉化することをとりあえずの目標とする。

○「遷移制御セミソリッド鋳造法の研究開発」の目標値
・鋳造加工温度の低減(1450℃から 1250℃)
・廃砂の大幅低減
・鋳造品において、機械的性質が引張強さ 450MPa 以上
・肉厚 5㎜でリーク試験に合格すること。

○「ロストフォーム用金型技術の開発」の目標値

上記製品の鋳造用ロストフォーム成形用金型において、
・模型長さ 200㎜に対して±0.5㎜の寸法精度。
・樹脂発泡密度(40～60 倍)で均一なロストフォームが得られること。

３．委託事業全体における技術目標値を達成するための課題と解決方法

課題と課題であると認識した根拠	解　決　方　法
遷移制御セミソリッド温度領域での注湯方法 ←低温注湯では通常、湯流れ性が悪化し、薄肉形状の作成が困難。また、湯境を生じ、リークの原因となる。	・1250℃という低温における湯流れ性確保のために、減圧補助注湯(減圧度とタイミング等)、注湯速度等を検討する。 ・最終年度で自動注湯装置を設置して、安定した注湯温度を確保して行う。
チル、鋳造欠陥の発生抑制 ←チル等が発生し、引張強さ 450MPa 以上を満足するのは困難 ←前述の湯境に加え、黒鉛ドロス等の欠陥がリークの主な原因	・溶湯成分の内、特に５元素の配合と球状化材、接種剤の量と成分を調整し、ロストフォーム鋳型にあった、チルを発生させない溶湯成分、配合を決定する。 ・鋳造欠陥は溶湯成分と凝固に関係するため、黒鉛ドロスの発生を抑える成分の検討、凝固に関しては注湯後の冷却速度を通風で制御する。
鋳物廃砂を排出しない方式 ←従来の砂型鋳造では、鋳物用砂の熱衝撃や高圧造型による破砕した砂を多量に排出	・磨耗等による砂の損耗の少ない球状の人工砂を用いる。さらに、ロストフォーム法の振動充填方法で特殊な振動方法を採用し、砂の充填圧力を下げ、損耗を低減する。
金型の寸法精度を確保できる金型設計と金型加工技術 ←ロストフォームの精度が、鋳造品の精度、鋳肌を決定するため、金型が重要	・発泡成形時に均一にビーズを投入、成形する金型構造、金型温度等の成形条件の見極めとその制御方法を検討する。(均一肉厚構造、蒸気吹き込み、水冷等) ・金型を 1/100㎜ 単位の寸法精度で、加工方式を検討、導入する。
発泡樹脂材料の選定と発泡制御(倍率、温度、時間)の検討と装置化 ←発泡倍率が 40～60 倍という高発泡では、ビーズが不均一な発泡をする。	・使用する発泡ビーズに関し、発泡樹脂メーカの開発協力も得て、鋳造にあった材質、粒径の発泡ビーズの製作依頼を行う。 ・その発泡ビーズを用いた発泡条件を見つけ出し、その条件を一定にするための蒸気吹込みや金型温度制御方法、装置化を図る。

４．当該年度における技術目標値の達成の状況と意義（実績）

本年度目標値	達成状況	意　義
①遷移制御セミソリッドの要素技術の検討、テスト装置の設計 遷移制御セミソリッド温度領域で、減圧補助機構を有するロストォーム鋳型に注湯して、引張強さ 450MPa 以上の鋳物を製造できる見通しをつける。	・注湯温度：1400、1350、1300、1250℃の各温度において、肉厚 5mm、3.5mmという薄肉の直管異形管を鋳造することが十分可能（湯廻り不良なく）であることを確認した。 ・引張強さ 450Mpa 以上で、かつ伸びが 20%以上となった。 ・50 チャージ鋳造テストでは、砂の破砕はなく、廃砂削減は確実である。 ・面粗度が良好で、予期以上に外観の優れた鋳物ができた。(下欄参照)	・従来は、外径約 300mm肉厚 5 または 3.5mmの薄肉鋳物を 1400℃以下の注湯温度で鋳造することは、困難であったが、本鋳造法で十分可能であり、従来品に比較して半分以下に軽量化したほか、省エネルギー、廃砂削減、機械加工レス、歩留まり向上など、多くの利点が見込まれた。 ・湯回り不良もなく、機械的性質も良好であることから、自動車足回り部品などへの適用可能性が広がった。 ・量産化に向けての検討が必要である。
【今後の課題】・来年度は他の異形管の鋳造を試みる。さらに他分野への展開を視野に入れる。また、本研究開発によるプロセスのメリット、デメリットを明確にした上で、準量産化、量産化に向けての試作を行う。		
②ロストフォーム用金型、成形の要素技術の検討、金型構造、加工方法の設計 ロストフォーム成形用試作金型の製作、及びその金型での成形とそのロストフォームを使っての鋳造品の試作を実施して、模型長さ 200㎜ に対して±0.5㎜の寸法精度を持つロストフォームを製造可能な鋳造用ロストフォーム成形用金型を設計する。	・肉厚（3.5 ㎜、5 ㎜）の薄肉ロストフォームを一体抜き型によって概ね均一に成形することが出来た。 ・寸法精度については金型寸法、成形後の模型の変形・歪、鋳造品の収縮、現有成形機の能力等が予想以上に影響し、目標値を達成できなかったが、寸法精度に関与する要因の抽出を行い、課題を明確にした。 ・金型で成形したロストフォームの表面品質は、機械加工品に比べ格段に優れ、鋳造品の面粗度向上に寄与した。	・金型によるロストフォームの成型は、高品質鋳物の量産に貢献すると考えられるが、この成型に見通しをつけた。 ・複雑な形状品の成型には原料ビーズの充填性や離型性を考慮しなければならないことが判明した。 ・ロストフォームの精度が鋳物の精度に直結することが再確認された。寸法精度に及ぼす要素として金型組付け精度の重要性を認識した。
【今後の課題】鋳造品の形状を、ロストフォーム成型に適した形状（充填性、離型性を考慮）に、製品規格の範囲内で変更する検討が課題である。生産性を考慮して、割り型接合方式に適合する接着剤や接合方法の検討が課題である。		

５．事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

本年度の実施内容、結果に対するエンドユーザの評価は高く、早急に製品化を図りたい旨の意向が伝えられている。

海外(特に中国)からの安価な鋳物の輸入量増加に歯止めがかからず、国内銑鉄鋳造メーカの苦境が続いている。また、発泡樹脂業界も、主たる需要先である家電業界の海外進出が一段と進み、生産量が年々低下している。こうした中で、海外に太刀打ちできる高度な技術・プロセスの開発が急務になっている。

今回の研究開発では、製品コンセプトの薄肉、加工レスによって商品価値の向上とコストダウンが可能で、品質は勿論のこと、コストにおいても海外からの輸入品に対し十分太刀打ちできる見通しがついた。本研究開発が目指す、金型成型したロストフォームを使用する量産鋳造は、鋳造業界はもちろん、発泡樹脂業界の活性化にも寄与すると考えられる。

金型によるロストフォーム成型、人工砂を使用するロストフォーム鋳造、遷移制御セミソリッド温度域での低温鋳造、減圧鋳造のそれぞれの利点の相乗効果で、予期以上の成果が得られ、特に高強度に加え、高靭性（伸び）が得られたことから、適用可能な製品群の範囲が広くなり、それらの製品も含めての、早期の開発が期待されている。