

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「切削油が付着した切粉の洗浄乾燥による

鑄造原材料への資源化技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成22年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 森川産業株式会社

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（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	4
1-3	成果概要	7
1-4	当該研究開発の連絡窓口	7
第 2 章	1. 過熱蒸気による洗浄乾燥システムの開発	
1-1	効率の良い洗浄乾燥システムの確立	8
1-2	効果的な排煙処理および廃熱回収技術の確立	9
第 3 章	2. 切粉を配合した鑄造技術の開発	
2-1	合金成分が鑄造品の組成及び強度に影響を与えない技術の確立	11
2-2	鑄造製品に欠陥が発生しない鑄造技術の確立	12
第 4 章	3. 洗浄乾燥処理におけるエネルギー利用技術の開発	
3-1	切粉から回収された切削油に由来する廃液をエマルジョン燃料として利用 する技術の確立	13
第 5 章	全体総括	
5-1	研究開発成果	18
5-2	研究開発後の課題・事業化展開	18

成果報告書

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) 研究の目的

本研究開発の目的は、鑄造製品の機械加工により発生する切削油が付着した切粉は品質面、環境面から産業廃棄物となっているが、これを鑄造用原材料とすることによってコスト低減をはかることである。この切粉を原材料として採用するにあたり、切粉に付着する切削油を洗浄乾燥処理する技術の開発と、切粉を用いることによる材料品質の劣化を回避する溶解技術を確立する。また、切粉処理により発生する廃棄物や廃熱を有効に活用し工場内エネルギー削減に役立てる技術をあわせて確立することである。この方法の確立により、低価格で小型な切粉の洗浄乾燥システムが実現され、鑄鉄鑄物を始めとして、鑄鋼や非鉄金属、鋼材等の機械加工で発生する切粉も直接溶解原材料として再利用が可能となる。また、過熱蒸気による洗浄乾燥技術の中核とした、排熱回収、廃液回収・燃料化技術、油煙・粉じん・臭気除去技術の組合せ技術であることから、これらの単独技術を組み合わせることで他の製造業界での環境負荷低減、省エネ、省資源対応への用途が広がる。

研究の目標として、次に示す3つの技術を確立する。

1. 過熱蒸気による洗浄乾燥システム

1-1. 効率の良い洗浄乾燥システムの確立

- ・過熱蒸気による洗浄を採用することで、切粉の残留切削油分を0%にする
- ・鑄造製品機械加工から発生する切粉を100%再利用する。

1-2. 効果的な排煙処理及び廃熱回収技術の確立

2. 切粉を配合した鑄造技術

2-1. 合金成分が鑄造製品の組成および強度に影響を与えない技術の確立

- ・切粉の最大配合率で20%添加をしても、成分規格を満足し、材質規格、機械的性質、不合格につながる鑄造欠陥の新たな発生がない鑄造技術を確立する。

2-2. 鑄造製品に欠陥が発生しない鑄造技術の確立

3. 洗浄乾燥処理におけるエネルギー利用技術

- ##### 3-1. 切粉から回収された切削油に由来する廃液をエマルジョン燃料として利用する技術の確立

- ・排気に含まれる廃油分を95%以上回収し、ボイラ用燃料として100%使用する。

2) 研究の概要

顧客要求である自動車用鋳鉄鋳造部品の低コスト化に対し、これまでは工程改善による取り組みを中心に実施してきた。本研究開発は、これまで産業廃棄物となっていた切削油が付着した切粉を使用可能な原材料に洗浄乾燥処理する技術と、切粉を用いることによる材料品質確保のための溶解技術の開発を行う。また切粉処理により発生する廃棄物や廃熱を有効に活用し工場内エネルギー削減に役立てる技術をあわせて開発する。

3) 実施内容

切削油が付着した切粉の過熱蒸気による洗浄乾燥技術、および切粉配合による電気炉溶解での鋳造技術を開発すると共に、洗浄乾燥による廃液の回収とエマルション燃料として再利用する技術や洗浄乾燥工程での高温エネルギーの利用技術の開発を行う。

1. 過熱蒸気による洗浄乾燥システムの開発（実施：森川産業株式会社）

1-1. 効率の良い洗浄乾燥システムの確立

過熱蒸気は熱容量が大きく、熱浸透性に優れている高温無酸素の熱媒体であるために切粉の洗浄乾燥に好適である。また、切粉に付着した切削油分を除去する他に切粉表面の酸化を防止できることから、酸化物が溶湯に溶け込むことによる鋳造欠陥等の品質欠陥の防止をはかることができる。これを達成するため以下の事項について検討を行う。

- (1) 過熱蒸気による熱拡散を効果的に活用する洗浄乾燥システムの検討と仕様決定
- (2) 過熱蒸気による洗浄乾燥処理システムの試作
- (3) 過熱蒸気による洗浄乾燥処理を行った切粉の品質評価

1-2. 効果的な排煙処理及び廃熱回収技術の確立

過熱蒸気による洗浄後の排蒸気は臭気が混じり油煙が発生することから環境問題が懸念される。これを防ぐために排蒸気を液化処理し油分を回収し、さらにアルカリ電解水とマイクロバブル方式を併用したユニットを組込むことで、油煙や臭いのミストを抱き込ませ、これを沈澱して回収することで、無煙・無臭化を図る。

2. 切粉を配合した鑄造技術の開発（実施：森川産業株式会社）

2-1. 合金成分が鑄造製品の組成及び強度の影響を与えない技術の確立

球状化黒鉛鑄鉄においては黒鉛の球状化処理をする接種材料としてMg, Siを添加している。溶解材料としての戻り材と切粉には残留のマグネシウム、シリコンがあり、その配合率が高いと溶解時点での目標成分値が過剰値となり、製品規格を満足できない問題が発生する。切粉配合を増やすことによるマグネシウム、シリコンの増加は避けられない。よって、切粉の配合量とこれを配合した溶湯の合金成分量、ならびに鑄物製品の強度との関係を調査し切粉配合量の使用限界を見極める。あわせて、切粉を配合した場合における最適球状化反応処理の方法を確立する。

2-2. 鑄造製品に欠陥が発生しない鑄造技術の確立

表面積の大きい切粉から混入する酸素は、溶解時に他の元素と結びついて非鉄酸化物が生成され、鑄造欠陥を発生する要因となる。よって、切粉の配合量と、鑄造製品の欠陥の発生量の関係をつかむための実験を行う。具体的には、洗浄乾燥処理した切粉の配合を増やして行きながら、鑄造製品中の引け巣ならびにガスホールが発生量を比較することで、切粉の表面酸化の影響を見極める。

3. 洗浄乾燥処理におけるエネルギー利用技術の開発（実施：森川産業株式会社）

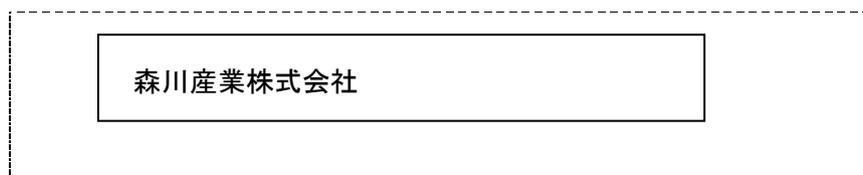
3-1. 切粉から回収された切削油に由来する廃液をエマルジョン燃料として利用する技術の確立

洗浄により回収された廃油は高温で処理されることから、元の切削油と同等に再利用することは困難と予測される。そこでA重油との混合処理によりエマルジョン化することで、蒸気発生用ボイラン燃料として利用するための技術開発を行う。具体的にはA重油とのエマルジョン化技術を検討する。

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者及び所在地）

(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織（全体）



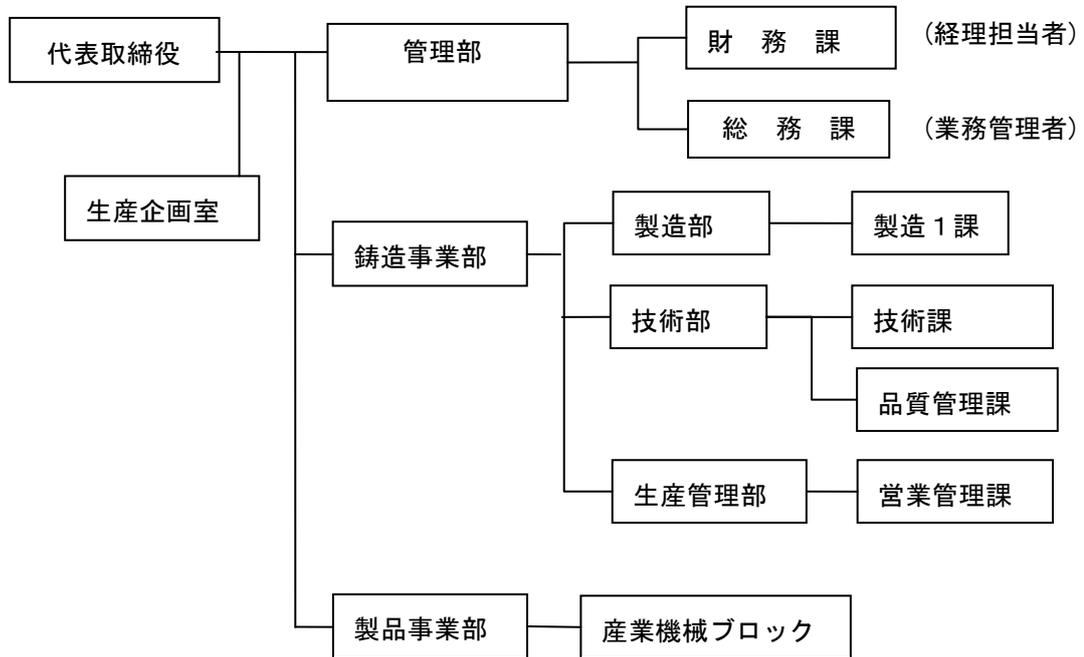
統括研究代表者（P L）
森川産業株式会社
生産企画室長 小森 重一

副統括研究代表者（S L）
森川産業株式会社
生産企画室鑄造技術開発リ-ダ-
寺島 宗好

副統括研究代表者（S L）
森川産業株式会
技術部長 安倍 英利

2) 管理体制

①事業管理者 [森川産業株式会社]



(2) 管理員及び研究員【事業管理者】森川産業株式会社

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
小森 重一	生産企画室長	【4】
寺島 宗好	生産企画室 鑄造技術開発リーダー	【4】

② 研究員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
小森 重一 (再)	生産企画室長	【1】 【2】 【3】
寺島 宗好 (再)	生産企画室 鑄造技術開発リーダー	【1】 【2】 【3】
安倍 英利	技術部長	【1】 【2】 【3】
高橋 明雄	生産企画室 新技術開発リーダー	【1】 【2】 【3】
西沢 明夫	生産企画室 省エネグループリーダー	【1】 【3】
保坂 繁	生産企画室 省エネグループ技術主任	【1-1】 【3】
大門 信夫	生産企画室 新技術開発技術員	【1】 【3】
荻戸 弘志	生産企画室 鑄造技術開発主幹	【2】
飯田 真二	産業機械ブロック ブロック	【1】 【3】

	リーダー	
小林 博隆	産業機械ブロック グループ リーダー	【1】【3】
増尾 春彦	製造1課長	【2】
松澤 孝治	技術部 技術課 技術員	【2】
宮原 正樹	品質管理課長	【2】
若林 正登	営業管理課 技術員	【2】

(3) 経理担当社及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

森川産業株式会社

(経理担当者) 管理部 財務課長 石坂秀樹

(業務管理者) 管理部 総務課長 小林正志

(4) 他からの指導・協力者

開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
小森 重一	森川産業株式会社 生産企画室長	委 PL
寺島 宗好	森川産業株式会社 生産企画室 鑄造技術開発リーダー	委 SL
安倍 英利	森川産業株式会社 技術部長	委 SL
高橋 明雄	森川産業株式会社 生産企画室 新技術開発リーダー	委
西沢 明夫	森川産業株式会社 生産企画室 省エネグループリーダー	委
大門 信夫	森川産業株式会社 生産企画室 新技術開発技術員	委
保坂 繁	森川産業株式会社 生産企画室 省エネグループ技術主任	委
飯田 真二	森川産業株式会社 産業機械ブロックリーダー	委
松澤 孝治	森川産業株式会社 技術部技術員	委
三島 彰司	国立大学法人信州大学 工学博士	アドバイザー
國廣 隆紀	國廣技術士事務所 所長(化学部門 技術士)	アドバイザー

(5) 所在地

① 事業管理者

森川産業株式会社 (最寄駅: しなの鉄道 屋代駅)

〒387-0015 長野県千曲市大字鑄物師屋 150

② 研究実施場所 (主たる研究実施場所については、下記に表記。)

森川産業株式会社 (最寄駅: しなの鉄道 屋代駅)

〒387-0015 長野県千曲市大字鑄物師屋 150

1-3 成果概要

1. 過熱蒸気による洗浄乾燥システムの開発
 - 1-1. 効率の良い洗浄乾燥システムの確立の為の実証テストを行った。
 - 1-2. 効果的な排煙処理および廃熱回収技術の確立の為の実証テストを行った。
2. 切粉を配合した鑄造技術の開発
 - 2-1. 合金成分が鑄造品の組成及び強度に影響を与えない技術の確立の為の実証テストを行った。
 - 2-2. 鑄造製品に欠陥が発生しない鑄造技術の確立の為の実証テストを行った。
3. 洗浄乾燥処理におけるエネルギー利用技術の開発
 - 3-1. 切粉から回収された切削油に由来する廃液をエマルジョン燃料として利用する技術の確立の為の実証テストを行った。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

森川産業株式会社
生産企画室 室長 小森重一
TEL: 026-272-0640 (代)
FAX: 026-272-3010
E-mail: sh-komori@morikawa-inc.com

専門用語の解説

- ・ 過熱蒸気とは、飽和蒸気をさらに加熱することにより、ある圧力において飽和温度以上の蒸気温度を持つ蒸気のことをいう。
- ・ 洗浄乾燥とは、本研究において切削油が付着した切粉を過熱蒸気によって処理することにより、表面に付着した油分の除去と水分の乾燥を合わせて処理することをいう。
- ・ 戻り材とは、鑄造において製品部分に溶湯を導くための、湯口カップ、湯道、堰と製品内部へ冷却収縮による空洞（ヒケ巣）を作らないために、製品より後から固めることで、製品冷却時製品へ溶湯を供給するための押し湯からなる製品以外の部分をいう。溶解工程では溶解に配合する材料の成分で、材料の呼び名を決めているが、製品と同じ成分を持つ鑄鉄切粉は戻り材として取り扱われ、鋼切粉は鉄くずとして扱う。
- ・ 残湯溶解とは、溶湯を途中まで出湯して残したところへ、材料を投入することをいう。このことにより、るつぼ型電気炉溶解では鉄密度が高くなり溶解効率があがる。
- ・ エマルジョン燃料とは、互いに溶けあわない二つの液体の一方を他方の中に微細粒子として分散させた溶液をいう。

第2章 1. 過熱蒸気による洗浄乾燥システムの開発

1-1. 効率の良い洗浄乾燥システムの確立

1-1-1. ブリケットマシンによる切粉の減容と切削油の回収技術およびブリケットの過熱蒸気による洗浄乾燥技術

切削油が付着した切粉を数百トンの力で圧縮減容により固形化し、圧縮することにより切削油分を最小限まで回収し、固形化された切粉を過熱蒸気で洗浄乾燥処理することにより、切粉の残留切削油分を0%にするシステムを確立する。切粉の洗浄乾燥に過熱蒸気を使う技術の優位性については、過熱蒸気は熱容量が大きく、熱浸透性に優れている高温無酸素の熱媒体であり、切粉の洗浄乾燥に好適であり、切粉に付着した切削油分を除去する他に切粉表面の酸化を防止できることから、鑄造原材料に利用する際の溶解時に酸化物が湯湯に溶け込むことによる鑄造欠陥の防止を図ることができる。

試験結果と今後の課題

本研究において切粉ブリケットの過熱蒸気を用いた洗浄乾燥処理炉は、切粉の圧縮減容装置（以下ブリケットマシンという）から排出されるブリケットを連続的かつ自動的に洗浄乾燥処理炉に供給するシステムの開発を行った。

システムのマテリアルバランスは、ブリケットマシンが概ね1時間に120ケの能力に対し、連続洗浄処理装置の能力は残留切削油分を0%にする条件で概ね1時間に80ケとなった。処理後のブリケットの含水率は、供給するブリケットの含水率と過熱蒸気の温度及びブリケットの処理炉内の滞留時間によって左右される。今回の試験結果から、ブリケットの含水率が約4W%の場合で過熱蒸気温度350℃の場合、処理時間は約10分で含水率が0%となった。処理能力を上げる為には処理炉内のブリケットの滞留数を多くする事と、過熱蒸気生成器から処理炉までの配管距離を極力短くし、過熱蒸気温度を落とさないようにする事で対応できる。

今後の課題として洗浄乾燥処理炉の昇温時間が約1時間と長いことがあげられる。過熱蒸気生成器を極力処理装置の近くに配置することである程度の改善は図れるが、処理炉の炉体に電気ヒーターを貼り、装置立上げ時の昇温時間を短縮することも検討したい。ブリケット洗浄乾燥処理のコストについて今回の試験結果では、切粉1Kgをブリケット加工し、過熱蒸気による洗浄乾燥処理にかかるエネルギーコストは約6円になった。このコストは概ね予想していた結果といえる。この内、約70%が蒸気用ボイラ燃料A重油のコストであり、今後切削油廃液とA重油のエマルジョン燃料の改善等により、さらにコスト削減が必要である。

今回の研究の評価としては、完成に近い、自動化された低価格で小型な切粉の洗浄乾燥処理システムが出来たといえる。



写真-1
ブリケット連続洗浄乾燥処理装置



写真-2
ダライ粉



写真-3
洗浄乾燥処理された
ブリケット

1-1-2. ブリケット加工時に出る切削油の再生技術

鑄造製品の機械加工により発生する切削油が付着した切粉は、そのまま産廃業者に引き取られ、多くの切削油が回収再利用されていない。切粉をブリケット加工する事により付着した切削油の95%以上を回収再利用する事により、環境負荷低減と省資源の対応を図る。

ブリケット加工は260MPa以上の高圧で切粉を圧縮固形化する為、圧搾により回収された切削油中には多くの金属微粉やその酸化物が含まれており、これらを効率よく、出来る限り除去すると同時に腐敗・悪臭の原因である微生物の繁殖を抑制することで、再利用・寿命延長を図りクーラントオイルの消費量や産廃量の削減を図った。

試験結果と今後の課題

最初にブリケットマシンで圧搾されて出た切削油のスラッジの量と粒径分布について、調査した。

結果は下記に示す(図-1、表-1、表-2、写真-4)。これはブリケット加工される切粉の材質や形状によっても変化するが、通常、機械加工中の切削油に比較してはるかに多いスラッジの量といえる。また、加工機やブリケットマシンから出る潤滑油も混入している。

今回の試験研究では色々な手法での再生処理方法を試みたが、数 μ 以下のスラッジは比重の軽い潤滑油分等と有機錯対状をなして浮上し、逆に10 μ 以上のスラッジは沈澱することが推察された。このようにブリケット加工から出る切削油を縦長の容器に回収し、静置後、中間層のみを採取して濾過や遠心分離により固形物を除去して、リサイクルする方法が合理的であることが判った。

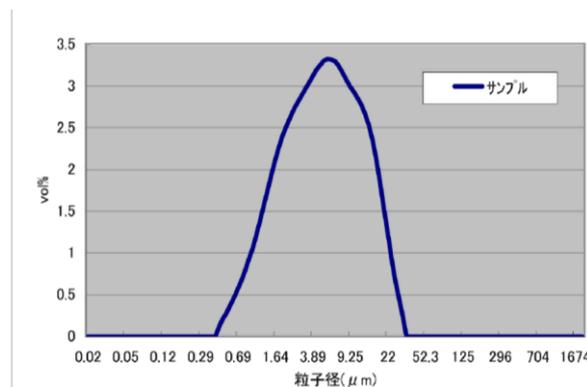


図-1 ブリケット加工で出た切削油中のスラッジの粒径分布

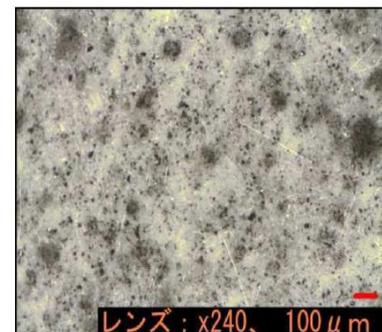


写真-4 切削油の顕微鏡写真

	SS濃度(mg/L)
サンプル	725

表-1 SS濃度 (JIS K-0102に基づき測定)

	粒子径(μm)
最大粒子径	31.11
平均粒子径	4.728
最小粒子径	0.409

表-2 粒度分布測定結果

今後の課題として、ブリケット加工で出る切削油およびそれを濾過した切削油は、いずれも共通して切削油中の脂肪酸分(エステル含む)が極端に少なくなる傾向がみられ、機械加工中の切削油と混合してリサイクルする場合の新液は若干、

脂肪酸分の多めの切削油を使用することが必要と推察され、切削油メーカーとの連携した取り組みが重要と考える。

今回の研究においては、ブリケット加工により回収される切削油の成分分析結果より充分再利用可能である事がわかり、切削油中のスラッジの量と粒径分布及び、スラッジ、鋳油分の効率的な除去方法を見つけることが出来た。

1-2. 効果的な排煙処理および廃熱回収技術の確立

油煙・悪臭除去装置グレートクリーナの導入と改善

切削油の付着した切粉を過熱蒸気を使って洗浄乾燥処理時の排蒸気に切削油分が含まれ、熱交換器で凝縮された後の排気にも油煙や臭いが残る。市販の脱臭装置ではこの油煙や臭いを完全に除去できない。アルカリ電解水とバブリング方式の油煙・悪臭除去装置（以下グレートクリーナーという）を導入し、油煙の主成分である炭化水素溶剤ガスの除去試験を行いながら、性能改善を行い、無煙・無臭化を図った。

グレートクリーナーの問題点と今後の課題

今回の試験では、アルカリ電解水とバブリング方式のグレートクリーナーと充填材を使用した凝集塔方式の二つの方式で試験を行った。

VOC 分析計で炭化水素系溶剤ガス濃度を測定した（写真-5）。油煙及び溶剤ガスの除去試験の結果、油煙はほぼ 100%除去できたがわずかな臭いが残る結果となった。

結果は両方式ともほぼ同じ結果で溶剤ガスの除去率は 75%前後にとどまっている（図-2による）。



写真左側がアルカリ電解水によるバブリング方式のグレートクリーナー
写真右側が充填材を使用した凝集試験塔

写真-5
油煙・悪臭除去試験装置

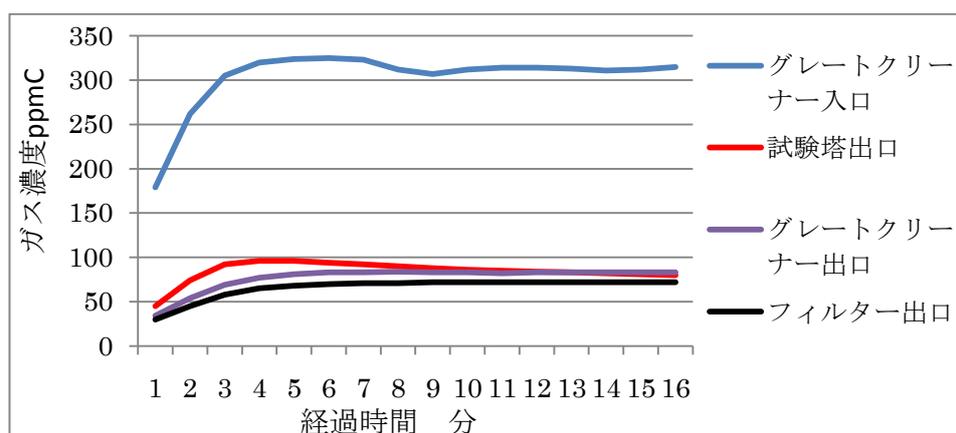


図-2 ブリケット洗浄乾燥処理中の排ガス中の溶剤除去試験結果

今後の課題としては、排ガスの脱臭性能の向上があげられる。処理中の電解水は水酸化鉄等のミセルと被処理物の錯体が形成され、さらにミセルの凝集が進み沈澱し、タンク底部に堆積して行くが、沈澱して行くスピードは遅く、徐々に液の汚染が進み除去率の低下につながると推測される。除去率を向上させる為には電解水中の汚染物質を除去するリフレッシュ機能が必要と考えられる。汚染物質の除去方法として考えられるのは、電解浮上分離や遠心分離等の方法が考えられる。また分離した汚染物質の処理方法も今後大きな課題といえる。

もう一つの課題としてあげられるのは、電解装置の改良である。一般に電気分解の電極の、正極（アノード）と負極（カソード）に使用する材質は金属のイオン化列と電解する物質を勘案した上で決定されるが、イオン化列からみてアノード>カソードとなる様に、充分イオン化列上の差異のある金属を選定する事が望ましい。本装置の電極においては、カソードにSUS304を採用しているが、代わりに銅パイプに白金メッキをしたものを使用してみる価値があると考えている。また、電解装置の電源装置も改良が必要といえる。使用する水道水あるいは地下水は、地域毎にその水質が異なり、例えば導電率の例では、愛知県岩倉市の上水が $60 \sim 70 \mu S/cm^2$ であるのに対し千曲市の上水は $230 \mu S/cm^2$ と大きく異なっており、その事によって電解装置の電極に流れる電流値が変化する。本装置では簡単なスイッチング電源を使用しているが、水質によって流れる電流値が変化する。その為電極に流す電流値を一定にコントロールする為の定電流電源装置の装備により、電解水の安定化を図る必要がある。

第3章 2. 切粉を配合した鑄造技術の開発

2-1. 合金成分が鑄造品の組成及び強度に影響を与えない技術の確立

- 1) 球状化黒鉛鑄鉄(FCD450+Si+Mo)においては、黒鉛の球状化処理をするに当りSiなどを主成分とする添加剤で処理するが、その添加率によりまた原材料の配合率により目標成分値が過剰となり、製品規格を満たすことが出来ない問題が発生する。戻り材の成分値を呈する切粉を増加させた場合、その配合率により溶湯の合金成分量、並びに鑄物製品の強度との関係を調査し切粉配合量の限界を見極めと、切粉を配合した溶湯に対する最適の球状化処理の方法を確立する。

試験結果

1回の試験ではあるが、特に切粉ブリケット 20%添加までなら、戻り材とでも又鋼材とでもどちらと振替えても、組織・硬度及び強度に影響は出なかった。但し球状化率及びチル深さの変化が見受けられる為、20%を一先ず上限とする必要があると考える。

2-2. 鑄造製品に欠陥が発生しない鑄造技術の確立

- 1) 表面積の大きい切粉から混入する酸素は、他の元素と酸化物を生成して鑄造欠陥を発生させる要因となる。よってこの欠陥の最も少ない配合量と鑄造欠陥の発生量を把握する。具体的には、洗浄乾燥させた切粉の配合を増した時の製品中の引け巣並びにガス欠陥の発生量を比較する事で、切粉の表面酸化の影響を見極める。

試験結果

特に、切粉ブリケット 20%添加までなら、戻り材とでもまた鋼材とでもどちらと振替えても、組織・硬度及び強度に影響は見られなかった

種別	戻り材(R材)	切粉(フリケッ)	鋼材(SS材)
配合1	50%	0%	50%
配合2	45%	5%	50%
配合3	40%	10%	50%
配合4	35%	15%	50%
配合5	30%	20%	50%
配合6	50%	5%	45%
配合7	50%	10%	40%
配合8	50%	15%	35%
配合9	50%	20%	30%

表-3 溶解材料配合比率

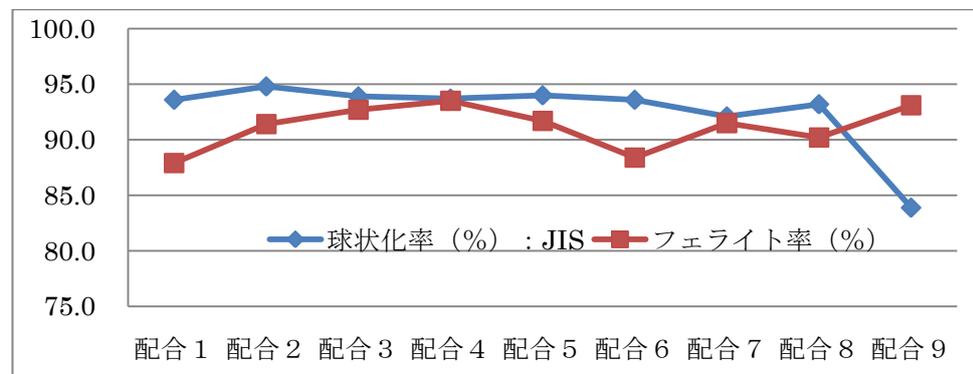


図-4 試験片の組織確認結果

また鑄造製品においても切粉ブリケット 20%までならば、引け巣及びガス欠陥の発生も見受けられなかった。

考察と今後の課題

- 1) 今回の開発に当たって、最も注意が必要な点は、切粉ブリケットと溶湯の比重差から、溶湯表面への浮き上がりをどう押さえるかであった。開発前の予備実験時から、鋼材・リターン材でブリケットを押さえこまない場合浮上し、溶湯に溶け込まず酸化物となってしまう事が判っていたので、出来るだけ初期にブリケットを炉内に投入し、酸化雰囲気中での溶解を試みた。今回、100Kg 実験炉において実験を遂行し、ブリケットの浮上や炉壁への張り付きがあった場合は直ちに、物理的に攪拌作業が出来たが、量産化の多量溶解に当たっては鋼材・リターン材の投入時期がブリケットの溶解ロス及び棚吊りに直結すると考える。
- 2) 今回は n=1 回の実験であり、時間的に繰り返しの実験が出来なかった。その為、脱酸不足による黒鉛球状化率の低下・ casting 欠陥の発生については、繰り返しの実験が必要と考える。その中でも次の項目を注視したい。
 - ・ 球状化率の時系列的な変化（フェーディング）の調査。
 - ・ 溶解ロスを少なくする為にも、溶け込まなかったブリケットがどのくらい不純物になったかを数値化（全量溶け込んだのかの確認）。
 - ・ ブリケットの溶け込みを最優先とし溶解したため、溶解スピード・入力電力がまちまちになり、これらの条件を一定とした場合、溶湯の酸化具合が変化して casting 品質に影響するか調査確認。特にタイムリーな、溶湯中の酸素濃度分析は量産化に有用と考える。

第4章 3. 洗浄乾燥処理におけるエネルギー利用技術の開発

3-1. 切粉から回収された切削油に由来する廃液をエマルジョン燃料として利用する技術の確立

3-1-1. 過熱蒸気排ガス用熱交換器の開発

切削油が付着した切粉の洗浄乾燥処理において、処理炉から出る油煙・スラッジの混じった過熱蒸気排ガスを熱交換器を通して 100%凝縮させ、廃熱回収及び廃液回収と燃料化技術の開発により、省エネを図る。

効率の良い過熱蒸気用熱交換器の開発により、冷却水の温度を 90℃/8ℓ位まで上げてボイラの給水に利用して省エネを図ると同時に切削油の混じった凝縮水を油水分離し、油分の混じった廃液をボイラ燃料として 100%利用する。

試験結果のまとめと今後の課題

今回、新たに開発した過熱蒸気用熱交換器 GS-2K（特）の熱交換性能について、冷却水量を3条件で試験を行ったが、いずれも冷却水出口温度が排ガス出口温度を上回っていて熱交換の効率は良い結果がえられた。また排ガスの熱交換器出口温度は入口排ガス温度に左右されず冷却水量によって変化した。排ガスの出口温度は冷却水量が 8ℓ/分の時に 90℃まで下がった。熱交換器での蒸気の凝縮率は 95%を上回り、蒸気の潜熱が十分に冷却水に置換されていると言える。

グレートクリーナーの液温は冷却水量が少なくなるにつれ高くなる。グレートクリーナーの液温は 50℃位に抑えたいことから、熱交換器の冷却水量は 8ℓ/分が良いと推察される。但し、8ℓ/分の 90℃近い温水はボイラの給水だけでは多すぎる事がわかった。

また、開発した過熱蒸気用熱交換器 CS-2K（特）には、凝縮水の油水分離機能を装備する事とした。油水分離方法については色々な方法について試験検討を行ったが、切削油が水溶性であることから、最終的に中空糸フィルターによる、濃縮濾過方式を採用した。中空糸フィルターの膜孔径は、0.1μと 0.04μの2種類で試験を行ったが、0.04μのフィルターでは濾過水量が極端に少ない為、0.1μフィルターを採用した。濾過された水の見目はきれいに透きとおって見えるが、切削油分中の炭化水素系成分及び、ジエタノールアミン等の残留により、PH 値、BOD 値等が排水基準値を上回る値となった。BOD 値を下げる対策として今回は濾過した水をさらに活性炭槽を通す試験を行った。結果は全ての水質基準をクリアする事が出来た（写真-7、表-4による）。



写真-6
過熱蒸気用熱交換器 CS2K（特）



写真-7
凝縮液（左）濾過後の液（中）濃縮液（右）

分析項目	基準値（日間平均）	廃蒸気凝縮液		中空糸フィルターろ過後		活性炭処理後	
pH	5.8~8.6	9.7	×	9.3	×	6.7	○
BOD	160 (120) mg/ℓ	270	×	180	×	70	○
COD	160 (120) mg/ℓ	140	×	64	×	23	○
SS（浮遊物質）	200 (150) mg/ℓ	230	×	7	○	1 未満	○
ノルマルヘキサン（鉱油）	5 mg/ℓ	800	×	24	×	1.6	○
ノルマルヘキサン（動植物油）	30 mg/ℓ	130	×	7.3	×	1 未満	○

表-4 廃蒸気凝縮液と濾過液の分析結果

さらに、濃縮された切削油に由来する廃液を 100% A 重油とのエマルション化により、ボイラ燃料への資源化も可能である事が検証された。

今後の課題として①熱交換効率のさらなる向上、②活性炭槽を組み、③中空系フィルターの目詰まりしにくい逆洗方式及び、④装置の自動化等があげられる。

今回の研究では、熱交換器より出る切削油由来の油分の混じった廃液を 100% ボイラ燃料として再利用することが、濃縮濾過技術の開発により目途がついた点が最大の成果といえる。

3-1-2. ブレンダーテスト装置・燃焼テスト装置の開発

今回の研究開発において洗浄乾燥処理装置の過熱蒸気用熱交換器 CS-2K (特)より出た切削油由来の油分を含んだ廃液と A 重油とを混合させたエマルション燃料を生成し、ボイラ燃料として利用し、燃料コストの低減を図る為のエマルション燃料の生成技術の開発を行った。

試験は、エマルション燃料の生成試験をブレンダーテスト装置にて行い、生成した燃料を使用した燃焼試験を燃焼テスト装置にて行った。

エマルション燃料は水—A 重油のエマルション燃料と、切削油に由来する廃油—A 重油のエマルション燃料の二種類として、水と切削油由来の廃油の差を調べる事とした。混合比率は 30%と 50%とした。

試験結果のまとめと今後の課題

初期試験において軟水 30%+A 重油 70%の安定したエマルション燃料が出来たが、その後 A 重油に乳化剤を添加させないと安定したエマルション燃料が生成出来ず数分で水と A 重油の分離が始まった。乳化剤を A 重油に対して 0.4~0.5%添加する事により、安定したエマルション燃料の生成が出来た。乳化剤を混ぜないと再現性が確認出来ない理由は明確に出来なかった。また、切削油廃液+A 重油のエマルション燃料の生成試験においても、水+A 重油の時と同様に乳化剤が必要な結果となった。安定したエマルションにならない原因の一つにエマルション燃料の水のクラスターサイズが考えられる。今回の乳化剤を添加しないエマルションの、水のクラスターサイズは顕微鏡観察では大きいもので約 30 μ と当初の目標の 5 μ にはなっていない事があげられる(写真-8)。

今後の課題として乳化剤を A 重油に添加しない時のエマルション燃料生成試験の再現性が取れなかった原因について、ブレンダーテスト装置内の配管、プリミキサーの構造やミキサーへのフィード圧力及び、水の PH 値等との関連について引き続き試験を継続して行い原因を究明して行きたい。

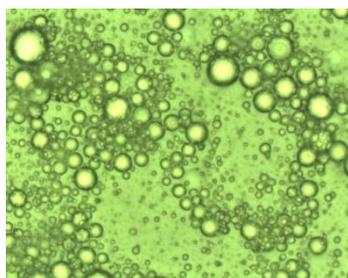


写真-8
水 30%+A 重油 70%の顕微鏡写真 (×200)

乳化剤を添加したエマルジョン燃料の燃焼試験では燃焼テスト装置をもちいて、燃焼時の炎の長さを比較し下記のような結果を得た。(写真-9)

水 30%+A 重油 70% (炎の長さ: 約 900mm)

切削油廃液 30%+A 重油 70% (炎の長さ: 約 800mm)

水 50%+A 重油 50% (炎の長さ: 約 700mm)

切削油廃液 50+A 重油 50% (燃焼できず)



写真-9 エマルジョン燃料の燃焼試験

燃焼試験結果から水と A 重油のエマルジョン燃料に比較して切削油廃液と A 重油のエマルジョン燃料の方が難燃性である事が判った。

今後、水のクラスターの微細化を図り、エマルジョン燃料の安定性を向上させる事が課題といえる。

3-1-3. ボイラ設備の導入と熱回収及びエマルジョン燃料による省エネ技術の確立

今回の研究開発において重要なポイントの一つがブリケット加工された切粉の過熱蒸気による洗浄乾燥における、エネルギーコストの低減である。切削油の付着した切粉の売却価格とスチールスクラップの購入価格の差はおよそ 20 円/Kg で推移しており、洗浄乾燥処理にかかるエネルギーコストをいかに低く抑えるかが重要な要件となってくる。

関連するエネルギーコストの中で一番大きなウエートを占めるのが、ボイラによる蒸気生成の燃料費である。本試験にて次の2項目に関して試験する事とした。

- ① 洗浄乾燥処理装置の過熱蒸気排ガスの熱交換器よりの高温冷却排水をボイラの給水に利用する事による省エネ効果の確認。
- ② 洗浄乾燥処理装置の過熱蒸気排ガスの熱交換器よりの切削油由来の油分を含んだ凝縮水を濃縮させ、A 重油と混合してエマルジョン燃料を生成し、ボイラの燃料として利用する事によるコスト低減効果の確認。

試験結果のまとめと今後の課題

今回の切削油が付着した切粉の洗浄乾燥処理に使用する過熱蒸気の排ガスを熱交換器に通し、高温になった冷却水をボイラの給水に利用して省エネを図る試験は切粉の洗浄乾燥の一連のシステムでのボイラの燃料消費量を約 8%削減する結果を得た。今回のボイラ設備は運転開始時のボイラへの給水温度を短時間で昇温させるシステムを装備させた結果、その効果も確認できた。今回の実験プラントの蒸気使用量は約 75Kg/Hr であるのに対し、熱交換器からの高温冷却水量は 480l/Hr と高温水が大量に余り捨てている状況となっている。

また、エマルジョン燃料のボイラでの燃焼試験結果はほぼ、蒸気発生量当たりの A 重油消費量(原単位)がほとんど変わらない結果が得られ、切削油に由来する廃油の資源化が可能である事が実証できた。

今回、燃焼試験が一回だけしか出来ず、今後、エマルジョン燃料に最適な燃焼ノズルの選定や完全燃焼させる為の空燃比の最適化を図る等の調整により、多少の改善は期待できると考える。

ボイラの排ガスの測定結果からは、No x の値がエマルジョン燃料の方が約70%削減の結果となった一方、COが10倍以上の異常な結果となった。(図-5、図-6) この結果からみてもエマルジョン燃料に合ったボイラの調整が不可欠と言える。さらに、ボイラでの燃焼試験を継続して進め、ボイラの耐久性等についての検証も今後の課題といえる。

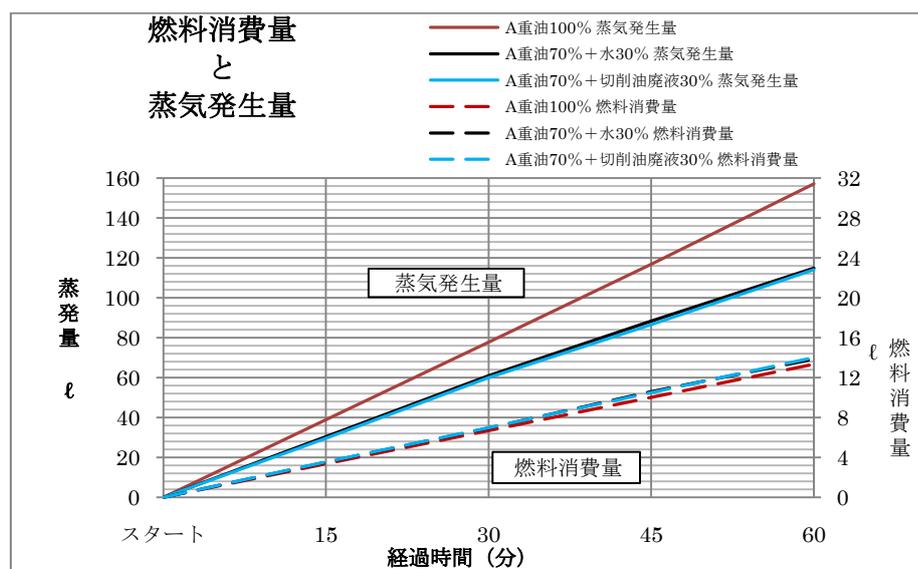


図-5 エマルジョン燃料のボイラ燃焼試験結果-1

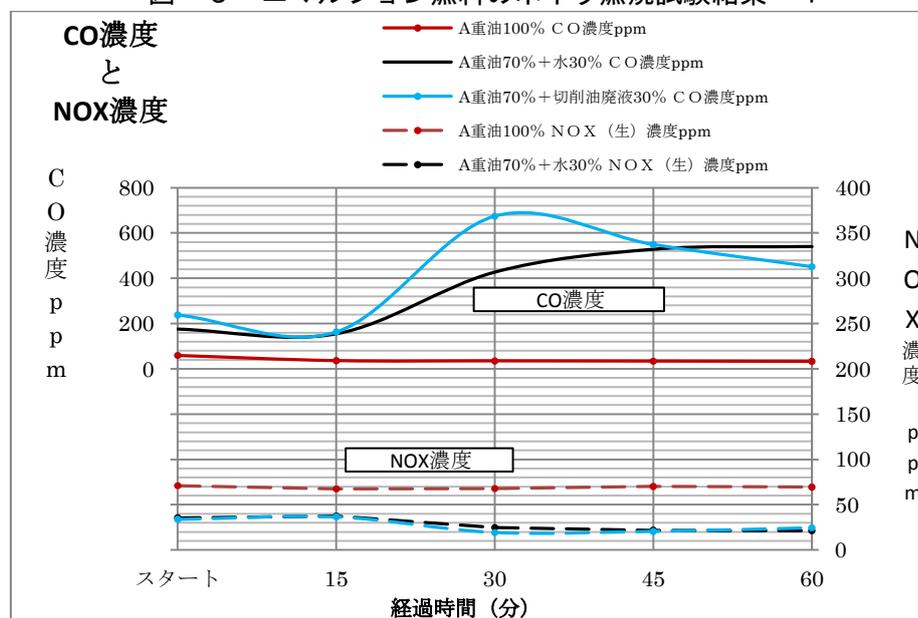


図-6 エマルジョン燃料のボイラ燃焼試験結果-2

第5章 全体総括

5-1 研究開発成果

1. 過熱蒸気による洗浄乾燥システムの開発において
切削油が付着した切粉のブリケット化による連続洗浄乾燥処理の基礎技術を確立した。
2. 切粉を配合した鑄造技術の開発において
戻り材+ブリケット切粉 20%の溶解実証テストで合金成分が鑄造製品の組織及び強度に影響を与えない事と鑄造製品に欠陥が発生しない鑄造技術を確立した。
3. 洗浄乾燥処理におけるエネルギー利用技術の開発において
切粉より回収した切削油分の濃縮及びA重油とのエマルジョン燃料の基礎技術を確立した、又廃熱の利用においてボイラ供給水の90℃予熱でA重油の燃料費を約8.7%削減した。

5-2 研究開発後の課題・事業化展開

1. 約半年の短い研究開発の取組であったが、研究テーマ毎に基礎技術を確立するまでに至った。
今後は「平成21年度戦略的基礎技術高度化支援事業」の開発継続と実用化の展開を計る。
 - 1) 過熱蒸気応用技術の展開
 - 1-1. 非鉄金属切粉他の洗浄・乾燥及び減容技術開発
 - 1-2. A重油と切削油分との混合燃料開発
 - 1-3. 回収切削油燃料化の為の濃縮技術開発
 - 1-4. 過熱蒸気処理に伴う公害防止装置開発
 - 2) ボイラ廃熱回収による温水生成技術の展開
 - 2-1. 社内ボイラのA重油消費量10%の削減対策からスタートする。