

これからの鋳物製造法

1 はじめに

鋳造業界を取り巻く環境は、長期にわたる不況、素形材の海外調達、市場競争の激化、価格下落など不安定要因が多く、いまだ不況の域を脱していません。

このような環境下にあつて 鋳造技術の進歩は大小取り混ぜた新技術や新工法が開発され、比較的急速なテンポで実用化されつつあります。なかでも、心境著しい自動車部品の素材は学会での数多い研究発表から、その内容に大きな関心を抱かせるものもあります。

鋳造業界の最大の課題は、鋳物製品の寸法制度とネットシェイプ化だと思います。鋳造品は鍛造品やプレス品と異なり、いったん金属を溶かし鋳型注湯後凝固 させる方法があるため、現状ではおのずと寸法制度に限界があります。また、熱処理や機械加工後の内部応力の残存も制度に大きく影響します。したがって、これらの対応が可能となって初めてネットシェイプの鋳物づくりに寄与できるものと考えられます。

現在はずいぶん機械化され便利に改善されていますが、私が入社した頃は工場内で鋳込みをするためには、スコップで穴を掘り、木型をセッティングして山の土で、粘度の粘りのある水を混ぜて造型し、木型を抜き丁寧に仕上げた後、乾燥させます。この乾燥が不十分な場合は欠陥を引き起こし、不良を造ることになりました。何事も手作業に頼ることが多く、非常に苦勞をしました。現在で大物鋳造工場では手作業に頼るところが多く、我々の勘に頼ることも少なくありません。

また、造型作業においては機械かも進み樹脂と硬化剤という二つの薬品で砂を固める技術が開発され、またこの砂はミキサーで混練され型に直接スコップなどを使わないで造型が出来体力的には非常に楽になりました。フラン砂といいまして非常に画期的な開発だと思います。これによって不良率は著しく減少し、最近ではほとんどの鋳物工場でこのフラン砂を利用しています。

現在実用化されつつある新素材については、その応用範囲はいろいろあると思いますが、このような材料へ、独断と偏見でその概要を取りまとめましたので、ここにご紹介いたします。

2 これからの鋳物

将来の鋳物像を(図1)に示します。新造形プロセスとしまして、模型、鋳型および溶湯処理方法を改良した(1)消失模型(2)減圧造型法(3)インモールド法などがあり、これらは私たちの業界では周知の生産技術です。

最近の課題では、凝固および鋳込み方法を改良したインゾウプロセスとして、

- (1) レオキャストリング法
- (2) チクソキャストリング法
- (3) コンポキャストリング法などがあります。すなわち(図1)に示しましたように、これら新しい鋳造プロセスが次世紀にわたって実用化されていくものと思われます。

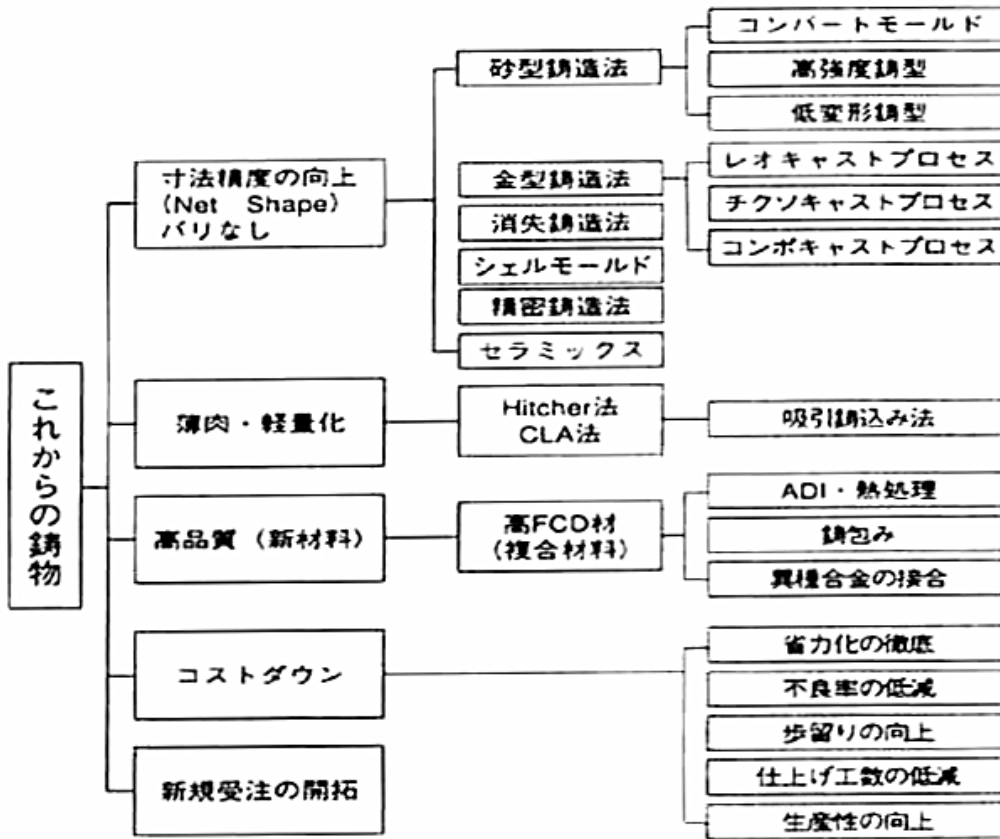


図1 これからの鋳物製造法

以下、これらの製造技術や、その新規ニーズに対応すべき溶解、注湯方法など、類推新プロセスの概要について書いてみます。

3 半凝固鋳造と複合化プロセス

3-1 レオキャストイング法

図2にレオキャストイング法製造法と概要を示します。

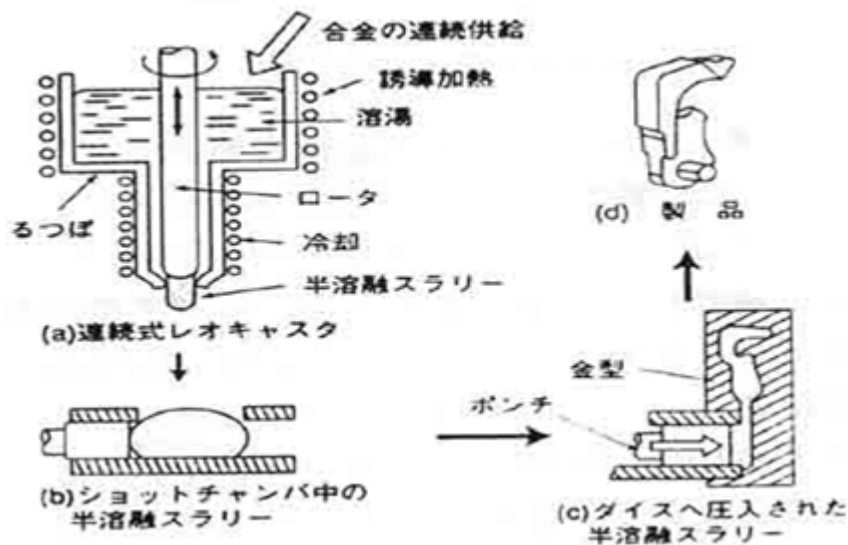


図2 レオキャストイング法の概要図

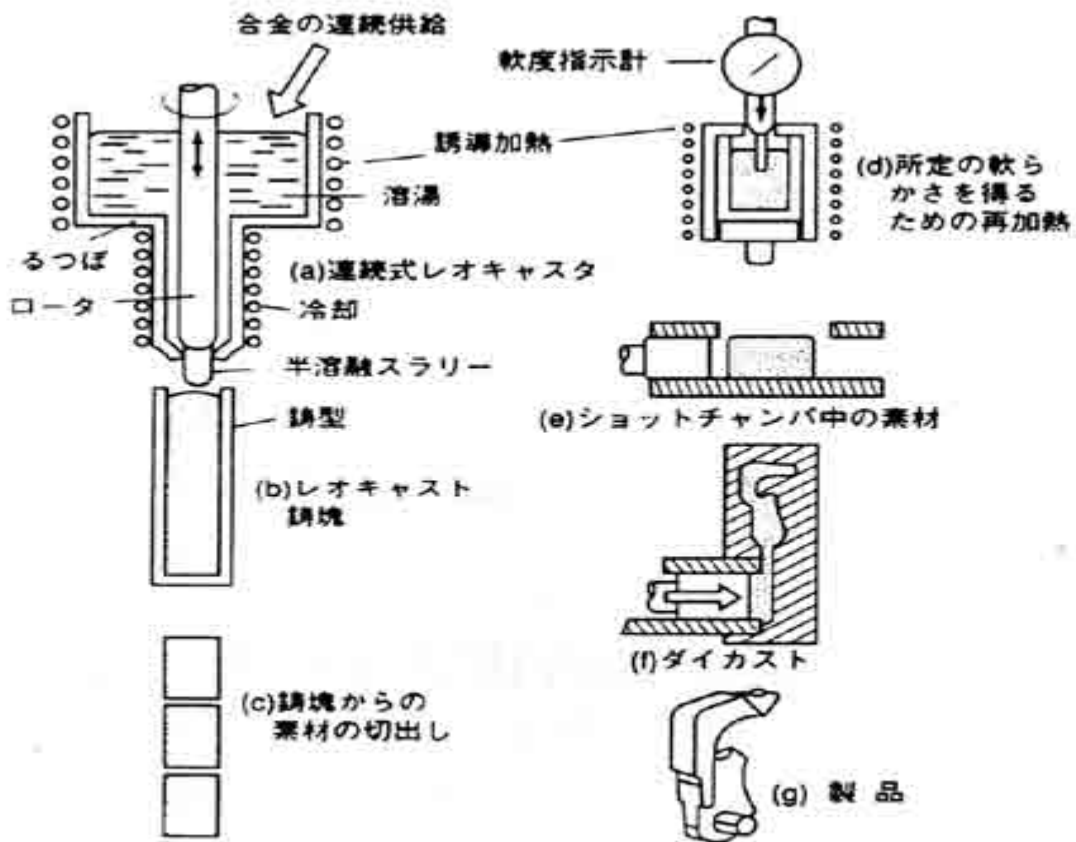
このプロセスは1970年アメリカ マサチューセッツ工科大学で開発された、鑄造ならびに新材料の製造方法です。

ルツボ内で半溶湯状態の金属をローターして攪拌、凝固組織であるデンドライトを分断して半溶湯スラリーとし、これを金型中にポンチで圧入して通常の鑄造プロセスでは得られない、微細な内部組織を有する製品を製造することを目的としています。

スラリーの組織と粘度は攪拌速度、冷却速度、固相率の影響を受け、粘度は攪拌速度が増し、冷却速度が遅いほど小さくなり、固相率が増すと大きくなります。この方法の利点として、溶湯と比較して半溶湯スラリーの温度を低く抑えることが出来るので、ダイスの寿命が長くなり、従来困難でした高融点金属の金型 鑄造が可能になること、ダイガスとマシンへの材料供給が正確かつ自動的に行える、などが挙げられます。

3-2 チクソキャスト法

チクソキャスト法の概要を(図3)示します。



(図3) チクソキャスト法の概要図

(1) 連続式レオキャスト法で製造された半溶湯スラリーを(2) 鑄型に注入して完全凝固させてビレットとし、(3) このビレットから必要量だけを切り出して、(4) 半溶湯状態の所定の柔らかさになるまで加熱し、(5) ショットチャンパに装入し、(6) ダイスに圧入して(7) 製品を得ます。

この方法では、レオキャスト法で製造したビレットを貯蔵することができます。また、半溶湯スラリーを再加熱後、製造するチクソフォーシング法もこのプロセスを応用したものです。

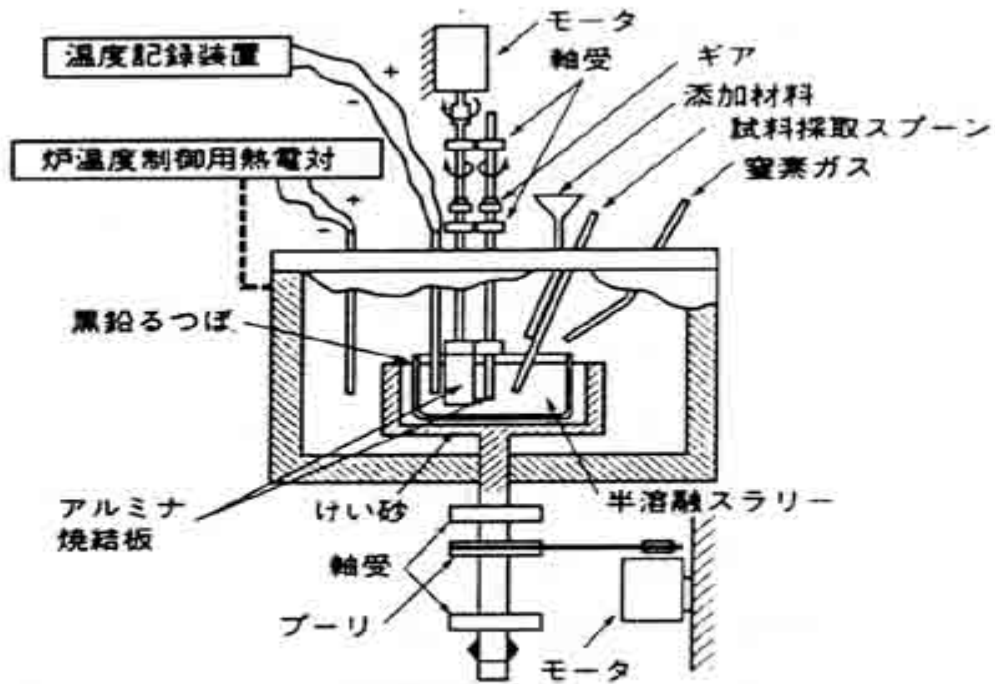
3-3 コンポキャスト法

これは固液共存状態の金属、すなわち半溶湯スラリーに短繊維や粒子状のセラミックなど添加して、攪拌を複合化する方法です。これは前途のレオキャスト法を応用したもので、この方法を用いると、ぬれ性が悪くて溶湯中に全く添加できない材料でも半溶湯スラリーを攪拌しながら添加することにより、多量添加が可能になります。(図4) に装置の一例を示します。

半溶湯スラリーは攪拌翼で強攪拌され、さらにルツボも回転するため、ルツボ内の全空間が攪拌できる casting となっています。

このプロセスでは均質で微細な組織が得られ、凝固収縮も低減され変形抵抗も小さいという特徴を持ち、ネットシェイプの高精度の casting づくりに寄与していくものと考えられます。

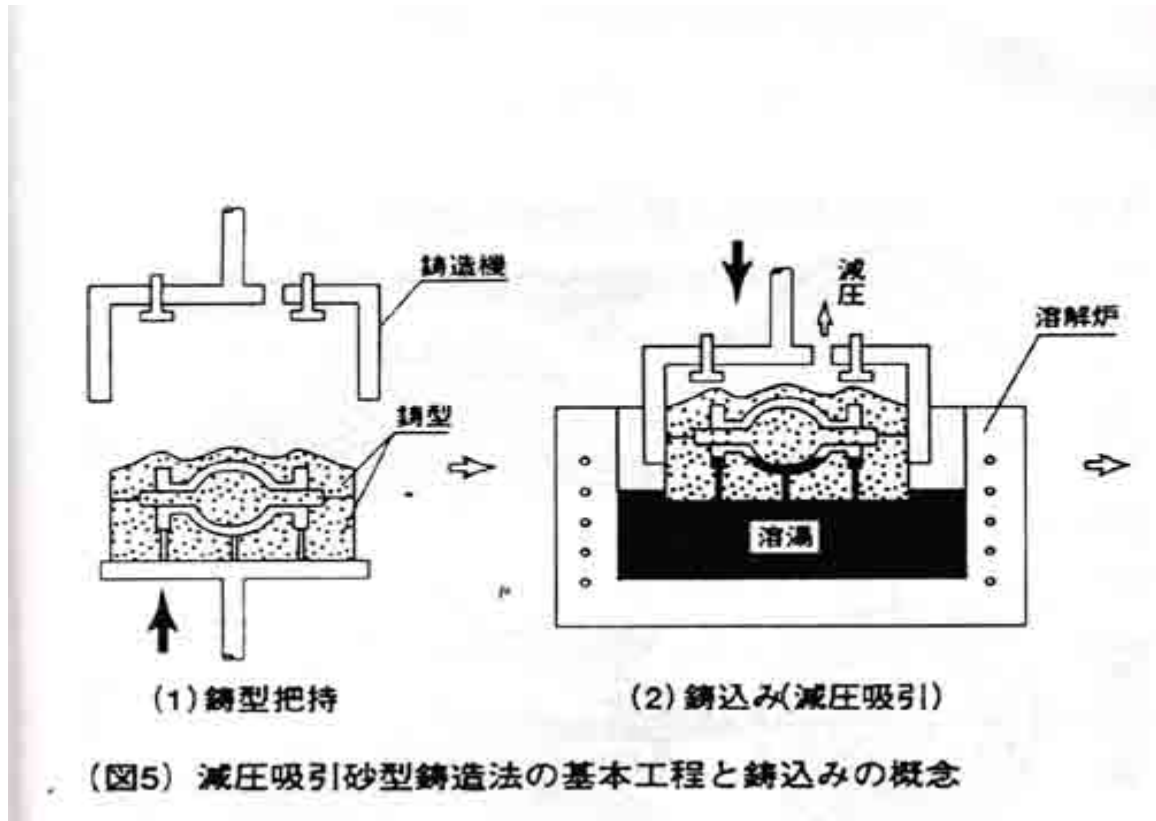
また、半凝固加工のため高粘性であることを利用して、均一に異種材料を混入させる複合材料の製作も可能となります。この方法は低融点金属はもちろん、高融点金属の銅、鋳鉄、鋳鋼での研究もかなり進み、すでに鋳鉄でのレオキャスト法による興味ある論文が発表されています。



(図4) コンポキャスト法(溶融複合化)の概要図

4 薄肉・軽量化のプロセス

casting 製品の薄肉、軽量化は casting 制度と同様、かぎりなきテーマとして、今後も存続していくものと考えられます。いたがって、薄肉への対応には casting 方案には新しい発想が要求されます。従来の casting 込み方法としては、重力 casting 法、加圧 casting 法、遠心 casting 法、真空 casting 法などがあります。数年前にこれらと全く異なった吸引 casting 法開発導入されました。この方法は肉厚 1mm のものまで casting 可能だといわれています。

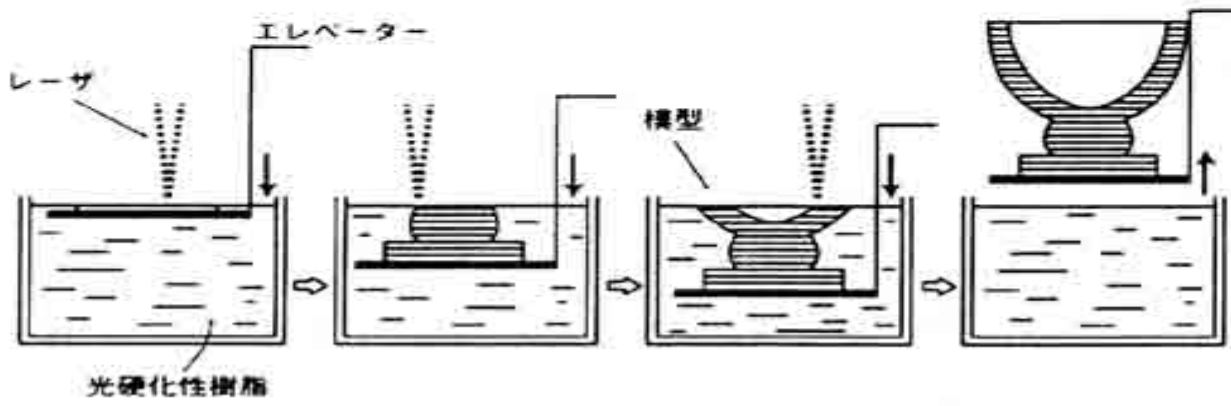
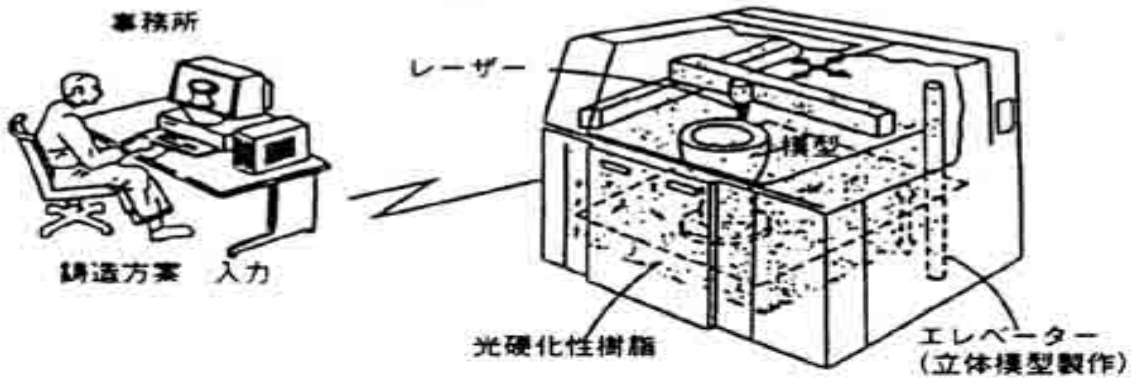


(図5) に減圧吸引鑄造法の概念を示します。これは鑄型の湯口を下側に突き出させ、この湯口を溶解炉に直接挿入し、全体を真空ポンプで減圧吸引鑄造する方法です。吸引による減圧は400～700mmHgで、鑄込む製品のような湯が凝固した後、減圧を解除したことによって湯道部の溶湯はすべて溶解炉内に戻すことができます。したがって、従来の鑄込み方法に比べ、その歩留は95～98%と格段の差があり、コストダウンに大きく寄与するプロセスといえます。

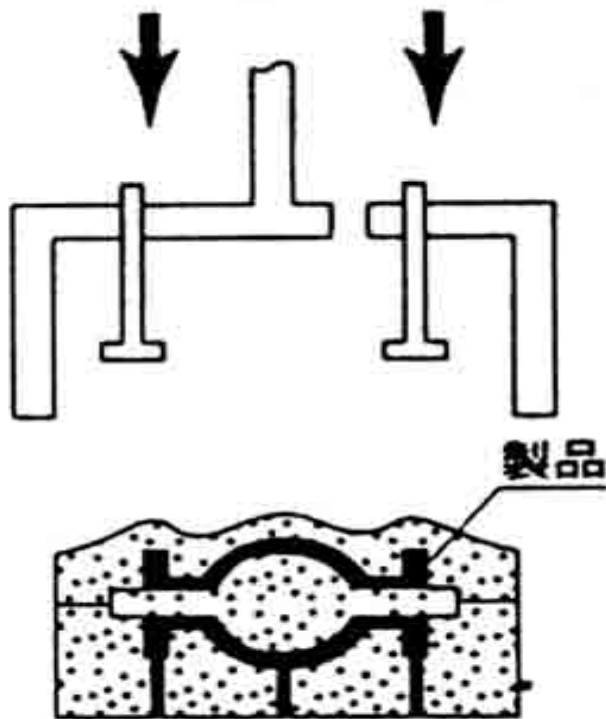
5 光造型による模型の政策プロセス

従業員の高齢化と人材不足のため、特に技能を必要とする模型政策の将来性が懸念されてきましたが、近年、光造型による鑄造用模型の製作法が実用化され脚光を浴びてきました。

(図6)に光造型システムとその原理を示します。



(図6) 光造形技術による立体模型の製作



これは容器内に液体の硬化樹脂(エポキシ・アクリル)をCADで入力した铸造方案に、コンピューターで制御した紫外線レーザーを走査し、自動固化させる方法です。
 なお、光硬化性樹脂はその種類によって硬化時間、硬化速度などは異なります。
 いずれにしても、光造形による模型の制作は今後主流になっていくものと考えられます。

(3) 铸造取出し

6 鉄源と溶解炉の推移

6-1 自動車スクラップの組成の変化

原材料としてのスチールスクラップは、工場廃材のほかに自動車からの発生プレス屑がその主流を占めています。しかし現在ではプレス屑に問題が多く、良質のスクラップの入手が困難となり、リサイクルも低下しています。車の性能もさることながら、外観、耐久性、軽量化が要求されます。したがって、構成材料は多様化し、Zn その他の3元素の混入による対策が必要視されています。

(表 1)スクラップ(廃車)発生量と予測

年代	1986	1988	1990	1995	2000
廃車台数 (万台)	340	400	500	580	750

* 問題点

自動化:小型モーター急増
軽量化:高張力化、アルミ化、樹脂化
耐久性:防錆対策を追求してきた車が今後
廃車になっていく。

スクラップ品質の問題
現在でも廃屑には Cu が多い
(0.25~0.30%)
Pや Mn レベルの高い屑の増加
Zn 板屑が急増

すなわち、ZnOによる炉耐火物の浸食や集配装置の詰まり現象が発生するため、これらを解決するための溶解炉の選択ならびに Zn の挙動について十分な理解が必要になるだろうと思われま。

6-2 溶解炉の選択

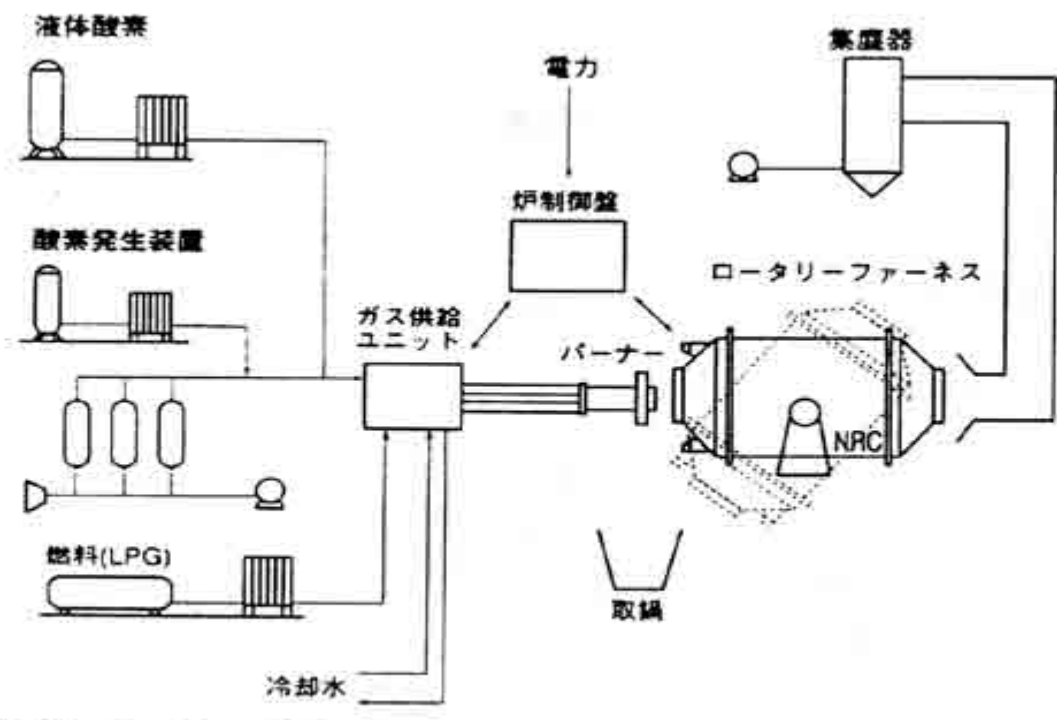
ヨーロッパにおける原材料は鉄鉄が主流であり、鋼屑を使っていたとしても少量です。しかし、わが国においては、鋼屑は鉄溶解炉の主原料であり、これらの配合割合を増やした溶解方法の確立が必要とされています。近年、鋼屑の汚染が進行し操業上のトラブルなどの発生も多く、溶解炉の認識とそのその選択は極めて重要です。

最近開発または、開発研究されつつあるコークレスキューポラや酸素バーナー式回転溶解炉(ニューロータリーファーン)など、主流燃料を用いる溶解炉の出現は、兼価地金を使用することが出来、公害・作業環境面でも優位性が確認されています。

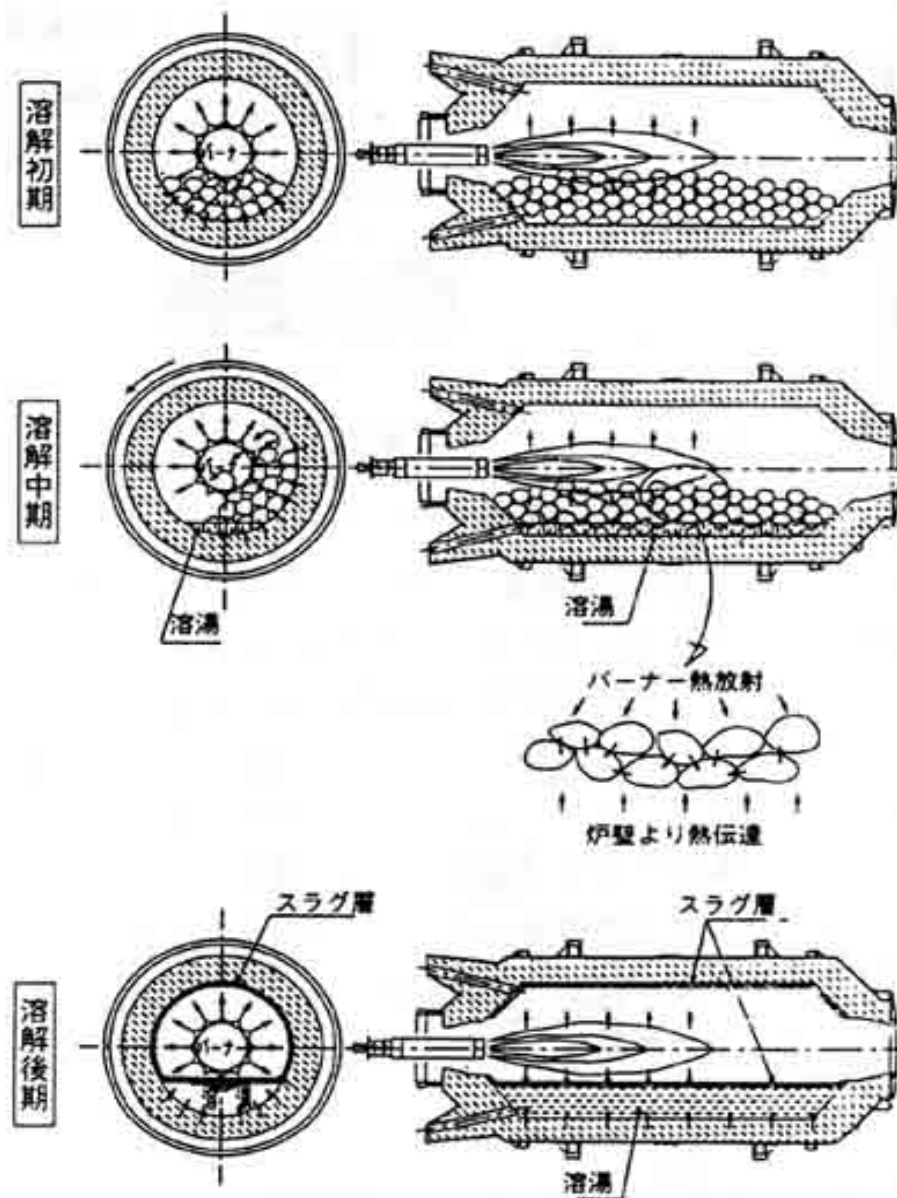
なかでも、コークレスキューポラはすでに多くの資料が発表されていますので、ここでは Air Liquide 社が発表した回転溶解炉の概要を詳述します。

(1) システムの概要

(図7)にシステムの概要図を、(図8)に操業モデル図を示します。



(図7) システムの概要図



(図8) 回転溶解炉操作モデル

(2) 回転溶解炉操作

溶湯初期、中期、後期のモデルを(図8)示します。

(3) 溶湯の性状

溶解中のガスの料は酸素 15ppm・窒素 25ppm 程度であり、材質面ではA型黒鉛を得られることが確認されています。

(4) 燃焼設備

本回転炉は旧型の回転炉と比べて、純酸素を用いたバーナーの開発によって大きく改善されたものです。Air Liquide 社が開発した純酸素バーナーは下記の特徴を有しています。

(イ) 火炎温度が 2,800度C

- 溶解時間の短縮
- 高溶解温度の実現
- 燃料の節約

(ロ) 炎の酸化度を調整

→Fe の酸化抑制

→C・Si ロスの低減

(ハ) 燃焼排ガス料は 4 分の 1

→発生ダスト濃度は10分の1

→排ガス処理設備はコンパクト

→NO_x・SO_x は極少量、CO₂ 発生量は3分の1

このように、旧型の空気を用いた回転溶解炉と比較すると新型の純酸素を用いた回転溶解炉では、溶解温度で 62%の上昇・溶解時間の 38%の短縮が可能とされています。

(5) 亜鉛メッキ鋼板の溶解

電気炉溶解での問題点は、亜鉛の炉材への浸透と残留によるガス発生欠陥です。なかでも、深さ 1mm 以上の炉では、溶湯圧と亜鉛の蒸気圧(沸点 906℃)によって亜鉛が炉壁側に押し出される確率が高くなるため、炉材が浸透浸食されるものと考えられます。

(6) 環境

純酸素を用いることにより、従来のキューポラに比べ排出ガスの量が少なく環境に優しい溶解炉といえます。また、この溶解炉本体は冷却水関係の設備を必要とせず、非常に安全な炉ですが、その反面、耐火材の使用量が多く、解体・築炉に関する作業環境が問題となりそうです。

以上のことから鋼材の質的、量的不足に伴う対策として、溶解炉のあるべき姿も、将来考慮に入れた思考が必要になっていくものと考えられます。

5 これからは

右肩上がりの高度成長期には有効でした仕事の方法や仕組みが、環境の変化によって現状に合わなくなっていると思われませんが、それでは、経済、経営の環境は、時代の文脈はどのように変わっていったのでしょうか？

それは大量生産、大量消費を前提とした量への時代から、個性を持って生きる質への時代への変化だと思われま

す。よく、市場は飽和・成熟しているといわれますが、量的に飽和することがあっても、質的に成熟することはありません。質の追求は、市場の飽和とともにやがて限界を越えるでしょう。それに対して個性を主張する質の追求は、その多様性と高さにおいて限りない可能性を秘めています。このような文脈の変化に合わせて、私たちのものづくりも、量から質に転換せざるを得ません。これが顧客のニーズを満足させるものだと思います。

ここでいう質とは、いわゆる品質のことだけではなく、製品を使用したときの満足感とか喜びといったようなことを含めての質だと思います。質のものづくりとはユーザーが私たちの製品を使い「いい物だな」と心から感じてくれる、その感動を深めることから始まるものだと思います。

こうした質の高い製品の背景には独創性、革新性が不可欠で、ここを離れた物づくりは考えられません。そして質のものづくりの鍵は研究開発、生産、販売、物流といった**技能、技術、人材**といった経営要素を統合して一つの大きな力にすることが大切だと思います。

したがって、企業のあり方もこれからは量から質へと、すなわち規模の競い合いから、個性の競い合いへと間違いなく変わっていくでしょう。

物の質、全ての質は人の質から始まります。したがって、私達製造業にかかわる従業員は、「何をなすべきか」という探究心と向上心を持ち、高度な専門知識と強い「個性化」が求められる時代になることを十分認識しなければいけないですね。これに即応できる人材だけが二十世紀のデフレの定着する社会の中で高い評価を得られるのではないのでしょうか？

現状把握調べ・前向きな姿勢と思考・私たちは？

(1) 20世紀と21世紀の違いを十分認識し行動してきたのだろうか？

無意識で過去、現在と同じように仕事してきた。→ 会社は倒産の危機、私たちはリストラの対象になるのでは？

20世紀は消費の時代。作れば売れました。大量生産の時代

21世紀は物のいらない時代。量はいりません、質向上の時代。

(2) 私は物を考え改良、改善する個性もないのか？

もしこのような人がいたなら、これは大きな間違い、人には自分が気づかなくても、何か人より勝る潜在能力がきつとあるはず。その能力を十二分に発揮できるかどうか、私たちの努力したいではないでしょうか。

元来人は、いい加減なところがあり、ある意味では私たちの認識度合いによってどうにでもなるかも分かりません。つまりどうにかしてでも**生きられる**という強い力が備わっているのではないのでしょうか。だから怖いし、またすばらしいものだと思います。この大きな力を壊さずに頑張れたらいいですね>

(3) 仕事は与えられるミノでなく自ら造るものだとされています。自力で考え目的意識を持って仕事をしているのだろうか？

与えられた仕事を手際よくこなすだけでは、競争社会に生き残っていかれません。

自ら問題点を見つけ出し解決するといった物の考え方ができなければ、社会、経済の変化に対応できません。何よりも積極果敢、自らで解決できる人材が求められるのではないのでしょうか。

人間、どん底に落ちれば人生観は変わるものです。今の不況という時代背景は、人材が育つよい土壌ではないのでしょうか？

(4) リストラという言葉自分を当てはめたことがありますか？

私たちは、本来会社と契約関係で結ばれているのですから、リストラされるのも当然の姿ですが、リストラの対象となることは会社に自分自身がいらなくなると判断してもいいでしょう。

したがってこのような状況下に置かれたいよう、個人的に会社に頼らず自らの能力を日頃から磨いておく必要があるのではないのでしょうか？

つまり「自分のブランドで生きられるよう、他人にない実力を兼ね備えておくことだ」と思います。

他流試合の人材でありたいですね。

(5) 仕事を通して業界貢献との両立を図るべきでは？

仕事を通して社会に貢献し、顧客の中小企業の成長に協力することによって日本の経済が活性化していきます。また顧客を成功させるプロの仕事に徹すること で顧客が儲かり自分も繁栄します。それがまた新しいビジネスをはじめようとする若い世代を刺激します。「仕事を通しての社会貢献」は必要不可欠ではないでしょうか？

(6) よくナンバーワンの企業を目指すといわれますが？

目指すものは「ナンバーワン企業」ではダメだと思います。「オンリーワン企業」の必要があると思います。

(7) どうも仲間と比較して力的に劣り引け目を感じる人は？(失望している人)

とりもなおさず自分への甘えです。自己弁護と他への責任転嫁です。またどれだけの努力したかと聞きたいですね。物事はやってみなければ分からないものだと考える必要があります。つまり院生を楽しくするのは自分自身の責任であり他に何の罪もありません。

(8) 「何をしようとする企業なのか、何故そうしようとするのか」がはっきりした企業が 21 世紀に求められます。

(9) 企業を求める人材は、大きな夢を持っている人では？

何故夢を！

夢を持っている人は、夢が志を生み、志がやる気を起こし、やる気が行動を起こします。だから山あり、谷ありの人生を乗り越えるためにこの夢を追い続けたいですね。

たった一人の自分、たった一度の人生、二度とない人生なのだから、本当に生かさなかつたら人間として生まれてきた甲斐が無いと思います。

同じやるな、これでいいのか！もっといい方法がないのか！異業種で何か応用できるものはないか！など、いつもWhyとHowで問いかける習慣を見つけてみるのも一つの試みでしょう。個性はそこから生まれて来るものと思われま