

## 第7章 結論と勧告

7-1	結論	7-1
7-2	勧告	7-10



## 第7章 結論と勧告

### 7-1 結論

山東栖霞ピストン工場は生産高は順調に伸びている。売上高は計算上の問題で減少したが、調査対象のピストンの生産は年率15%以上で増加しており、業界でのシェアも上昇している。製品開発も積極的で、自動車用のスタイヤピストンの開発を手がけ、また、本年(1999年)中にISO9002の認証取得を目指すなど経営姿勢は積極的である。

一方で、ピストン業界では市場経済への移行に伴って競争が激化しており、エンジンの売値低下からのピストンの価格低下が生じ、対応できない企業の撤退が進んでいる。また、中国国内での外国技術によるピストンの製造が進んでおり、業界内部の寡占化が進行中である。

当工場は現状ではある程度の利益は計上出来ているものの、売上高に占める材料費の割合が70%以上と付加価値が低く、中国内の先進企業に比較すると生産性が低い状態となっている。本近代化計画調査では調査団は生産工程、生産管理、財務管理の観点から詳細な現場調査を実施し、近代化計画を提案した。調査において判明した当工場の問題点は図2-3-2に示した如く

製品品質の不均一：製造工程における条件管理が不十分で品質のバラツキが大きい。

不良再発防止システムの欠如：不良が発生しても次にそれを無くしようとするシステムがない。

設備の老朽化：80年以前に導入された設備が30%以上あり、近代的な設備に欠ける。

生産性の低さ：業界トップの企業に比べると約半分である。

などである。これらの問題点とその改善策は表7-1-1～表7-1-3に纏めた。

この問題点に対して近代化の方向として

製造条件の近代化

品質管理の近代化

製品の近代化と国際的な技術力の確立

管理の強化

財務管理の近代化

の5点を提案し、不良率の毎年10%の低下をその実行目標とした。

章一節	問題点	改善提案
3-1 原材料受入	不純物の成分規制がない	材料の購入仕様書に国家標準以外の成分の規制値を加え入荷原材料の品質を高める。
	原材料の保管が乱雑	アルミニウム、珪素も出来れば屋内保管が望ましい。屋外の場合も安定した床の上に区分線を引いてその中に保管する。 量の少ないものは屋内に整理棚を設け、箱に入れ、材料名、入荷日、責任者名を表示する。
3-2 溶解工程	溶解温度の管理がされていない	溶解炉に温度計を設置し、湯の温度を管理しながら作業を進めるべき。高過ぎる温度はピンホール欠陥の原因となる。将来的には自動コントロールが必要。
	脱酸、脱ガス処理手順が明確でない	使用する溶剤や添加物の名称、処理温度、処理の時期、作業順序、除滓回数と時期、結果の確認方法などを細かく規定して実施するようにする。
	微量成分の分析をしていない 溶湯の成分分析に時間がかかる	短時間に微量成分まで分析できる発光分光分析装置を導入する。 装置の設置場所は溶解炉に隣接した建屋とするか、圧縮空気輸送機で搬送するかの検討が必要。
	ガス配管の漏れや粉塵、床面の凹凸など作業環境が悪く安全衛生上危険	ガス配管の定期補修、床面の整備など 但し、工場全体の問題。
3-3 鑄造工程	ガス保持炉の温度制御がない	現在のガス炉では温度制御が難しいので制御が可能な電気炉に変更する。
	長期計画に対して鑄造能力の増強が必要	溶解炉の増設と合わせて鑄造能力の増強が必要である。 鑄造は自動鑄造機か連続鑄造装置の設置が望ましい。
	溶湯温度と金型温度の管理と記録がない	保持炉毎に湯温を直接測る温度計を設置し、測定と同時に記録計により記録する。金型表面温度を測定する温度計を購入し、定期的に測定、管理する。
	鑄造サイクルが個人でも、作業者間でも不均一	手による鑄造ではタイマーによるブザー音で知らせる方法がある。自動鑄造機、連続鑄造装置の採用ではこの問題は解決される。
	金型の寿命が短い	金型材料を耐熱鋼として寿命を比較してみる。
	塗型作業が標準化されていない	作業基準書の見直しと専門担当者によるきめ細かい作業指導の実施。
	鉄リングの鑄込み不良が多い	リングの前処理法、鑄込み法の技術開発が必要。材料に適した前処理温度、前処理金属などを各種試験して不良のでない方法を確立すること。

章一節	問題点	改善提案
3-4 熱処理工程	溶体化処理、時効処理の籠へのピストンの 装入姿勢が乱雑	溶体化処理時に空気トラップが出来ないように横向きに 装入する。時効処理ではピストンの間に金網を挿入する など整然と並べ、熱風が内部に通り易くする。
	熱処理チャートに日付、条件などの記入な く、一週間程度しか保存されていない	チャートには品名、ロットナンバー、数量、処理日、処 理条件、担当者名などを記入し、長期間保存する。
	熱処理炉と入り口の配置が悪く、製品の滞 留が出来ている	工場内の設備配置を物流や作業順序を考えて見直し、物 の置き場は床に白線で表示する。
3-5 機械加工	カバーのない機械が多く、切粉が飛散、堆 積している	切粉や切削油の飛散を防止する機械の導入や現有機械の 改善。
	作業基準書に変更記録がなく、異常時の処 置法の記載もない	作業方法は常に改善し、それに基づき基準書も変更して 行く。異常が発生した場合の処理法については明示し個 人差が出ないようにしておく。
	ピストンの床面直置きと搬送法	ラインにコロコンベアを設置し、ピストンを箱に入れて コンベア上を移動させる。
	切削速度が遅い	切削工具と切削油の検討により速度の増加が可能。 切削油はエマルジョンタイプのものが検討対象である。 工具はハイス、超硬の比較検討が必要。
	切削後の切粉除去が行われていない	各機械にエアダスタによる切粉吹き払い装置を設置し、 加工直後に切粉を吹き飛ばす。
	切粉の散乱、切削煙の充満、暗さなど作業 環境が悪い	保護眼鏡の着用、換気装置の導入、照明設備の増強など 3Sの導入と作業環境の改善。
3-6 表面処理	現状は本格的な設備ではなく仮設備であ る	吹き付け処理時間、乾燥温度などが管理でき、記録も取 れる本格的な設備の導入が必要。 その設備に合わせた前処理、塗装、焼付けなどの塗装技 術の確立を早急に行う。
3-7 検査工程	異常時の処理手順が不明確	3-5と同様に処理法を検討し、緊急処置、恒久対策、 遡及処置、水平展開、再発防止対策とその後のフォロー までを作業手順書に明確にしておく。
	不良品、不合格品が一応別にはなっている が識別されずにいつまでも置かれている	不良品、不合格品は表示や色分け法を手順書に設定し、 不良品専用の箱に収納し、良品への混入を防ぐと共に定 期的に整理を行う。
	検査による測定データが統計的に活用され ていない	検査の測定結果は集積し、統計的に処理して品質の現状 確認に使う。そのためには有効数字を考えた計測と記録 を行わなければならない。デジタル型の計測器の使用が 有効である。

章-節	問 題 点	改 善 提 案
3-7 検査工程 続き	「合格」、「不合格」の判定のためだけにノギスやマイクロメータのような計測器を使用しており、能率が悪い	単に「合格」、「不合格」の判定のためであれば限界ゲージによる測定で良い。
	精密測定には暗い	作業に適した照度に改善すべき。
	ピストン特に自動車用の性能評価が不十分	新製品開発時には寸法検査のみでなく、性能を含めた評価が重要。ピストンの単体試験やエンジン組込み試験で性能を充分検証し、製造方法を確立してから量産に入ること。
	製作バラツキの測定がなされていない	測定データの統計的活用と関連するが、製品の品質確認機械の精度の確認のためにも製作のバラツキを測定し、統計的手法によりCp値の確認や是正措置を取る。

章一節	問題点	改善提案
4-1 設計管理	図面は各職場で保管され更新されていない	図面（作業手順書）は機械の更新や作業方法の改善に伴って逐次変更されていくものである。常に最新の図面で加工するために図面は製作手配の都度職場に配布するようにする。
	図面は職場に1セットあるのみで工作機械のそばには何もない	加工や自主検査のためには工作機械のそばに必ず図面を置き、確認しながら作業できるようにする。
	現在は機能設計部門と生産設計部門が分かれている。技術全体の管理部門がない	現在の新製品開発処と技術処を統合し、技術開発を含め技術全体の責任を持つ技術処とすることが望ましい。
	研究開発が不十分	技術開発のために設計陣容を強化すると同時に研究開発費を増額する。
	CADの活用	将来の各種のデータの保存のためにフロッピーによる保存以外に光磁気ディスクなどの高密度記録装置を導入しておくことを勧める。
	図書室はあるが情報の収集と公開が不十分	国際化に備え、海外の技術情報の収集や社内の技術情報の作成、保存と誰でもが見れるようにしておくこと。
4-2 調達管理	3-1と重複するが原材料の保管場所が乱雑	アルミニウム、珪素も出来れば屋内保管が望ましい。屋外の場合も安定した床の上に区分線を引いてその中に保管する。 量の少ないものは屋内に整理棚を設け、箱に入れ、材料名、入荷日、責任者名を表示する。
	アルミニウム購入価格の管理	アルミニウムの市場価格の動向をグラフ化し、市況が低下した時に購入を増やすなどの手段を講ずる。
4-3 在庫管理	棚卸資産が総資産の40%を超えており、資金需要を圧迫している	財務管理に関連するので財務管理の項で述べる。
	半製品の保管が床に直置きで、搬送の度に手で積み込み、積み下ろしをしている	籠に入れて保管すれば積み込みの手間が省け、籠の段積みが出来てスペースの節約にもなる。箱に入れて品種、個数、入庫時期を明記したタグを付けておく。
	製品を段ボールに入れて積み上げているが不安定になっている所がある	保管棚を作り、段ボール箱の直接の積み重ねを止める。
4-4 工程管理	4-3同様、工場内の各所に部品が地面に直接置かれ、運搬の度にリヤカーなどに積み込まれている	籠に入れて保管すれば積み込み積み下ろしの手間が省ける。運搬にはフォークリフトを活用し、フォークリフトの稼働率をあげる。
	機械加工職場の機械間の移動	3-5で提案したが、コロコンベアの設置により箱に入れて移動させる。

章一節	問題点	改善提案
4-5 品質管理	品質管理体系の外殻は構築されているが、基準の体系が明確でない。また基準が必ずしも守られていないように見える	品質管理体系に基づいて規定、基準を体系化し、上位、下位を明確にし、発行日、責任者、見直しなどの基準をはっきりと決めておく。
	顧客での不良などに対して再発防止の体制づくりが不十分である	不良品の発生（納入）はあってはならず、万一発生した時に、同じ不良が二度と発生しないように対策を立てたり、水平展開をするシステムを構築する。
	3-7と同様、不良内容の細分化と分析と活用が不十分である	不良内容を機械と鋳造のように大雑把に行うのではなく機械ではどの加工、鋳造では不良の内容を詳細に記録しそのデータを基に多い不良から削減する手法で全体の不良数を低減して行く。
	工場内では良品と不良品が何の区別もなく置かれている	部品、製品は箱に入れ、各箱には品名、型番、数量などが記入された名札を付けて誰でもその部品を識別出来るようにしておく。不良品は色分けして管理し、良品に混入することのないようにする。
	検査測定用の器具は昔ながらのものである製品の品質検証用の測定装置は不十分である	検査用にはデジタル型のノギスやマイクロメータを導入し、測定の精度向上と個人差の解消を行う。品質検証にはX線透過装置やピストンの評価設備の導入が必要。
	工場の不良率目標はあるが、実態よりも甘いものとなっている。また不良率の推移の掲示はどこにもない	不良率の低減目標はあくまで本当に目標とする数字で表すべきである。その数字と現状の値の推移を掲示により全員に理解させて改善に取り組みさせる。
	品質管理委員会は製造現場が主体で技術関連部門が入っていない。	品質管理委員会の構成メンバーを見直し、新製品開発処や技術処を含め、全社的な組織とする。
4-6 安全管理	工場内各所に不安全な場所がある	不安全状態は直ちに改善すると共に、工場の安全委員会開催時に安全巡回を実施し、指摘事項は次回の委員会開催時に改善報告をさせ、巡回時に現場確認を行う。
	保護眼鏡や靴カバーの不着用など、定められた保護具の不着用が見える	切粉カバーの設置など設備側の対策も進めるが、安全規定に従った保護具の着用を徹底する。
	工場内は整理、整頓が行き届いていない	3S運動の推進を提案する。廠長が先頭にたって推進するのが望ましい。
4-7 設備管理	設備の管理に台帳の長い番号を使っており各設備に表示はない	各設備には通称で良いからNo.、〇炉のように番号を付け、設備にも表示しておく。更にその設備の管理責任者名も合わせて記入しておく。
	設備毎の点検表はない。予防的な保全は行っていない	設備の特長に対応した点検表の整備と計画的な予防保全の実施。



表7-1-2 生産管理の問題点と改善策

(3/3)

章-節	問題点	改善提案
4-7 設備管理 続き	当工場の設備の30%は20年以上経過しており、老朽化が進んでいるものがある	機械加工関係の設備の更新、増設は進んでいるが、鑄造関係は遅れている。ガス炉を含み鑄造分廠の設備の更新を進めた方が良い。
4-8 エネルギー 管理	石炭から発生炉ガスを作っているが、効率が低く、ガスのカロリーも問題がある	炉の温度制御のためにガスの種類の見直しや燃料の石炭からの切り換えの検討を行う必要がある。
	配管からのガス漏れ箇所が多く、無駄と有害ガスの危険がある	ガス漏れは燃料費の無駄になるので、配管の漏れは徹底的に修理しなければならない。
4-10 教育・訓練	中堅技術者教育	技術マップの活用とCDPによる計画的育成法の導入。
	管理者教育	教育は将来に対する投資との認識で管理者が積極的に部下の指導、育成を行う意識を養成する。
	技術の教育では最新技術に触れることが重要であるが、雑誌類の講読が少ない	工場の共通財産として雑誌類を購入し、誰でも、何時でも閲覧出来るようにする。
	技術力の向上	チームの技術力をあげるために、雑誌などの輪講形式による勉強会の開催を推奨する。
4-11 環境管理	環境測定を市に依存している	問題のある環境については測定器を購入し、自身の測定による管理が必要である。
	ISO14000に関する情報収集	中国ではまだISO14000はあまり取り上げられていないが輸出の場合には問題になるケースもあるので、勉強と情報収集は必要である。
4-12 販売管理	マーケットの拡大	マーケットの拡大にはエンジンメーカーの所在地やトラクターや農用エンジンの保有量の多い地区を重点に行い、経営幹部が率先して行う。
	販売員へのコスト意識教育の実施	アルミニウムの市況の教育やピストンの価格情報を生産部門にフィードバックするように教育する。
	高付加価値製品の拡販	品質の向上が優先するが、船舶用ピストンのように高付加価値の製品の拡販により、売上高の増加を図る。

表7-1-3 財務管理の問題点と改善策

(1/1)

章-節	問 題 点	改 善 提 案
5-8-1 設備資金 不足	長期資金が運転資金の補充に回り、新規設備投資資金が不足している	需要予測、投資の効果予測、資金計画による計画的な投資方針の決定が必要。 (1) 投資計画の策定 (2) 投資採算の検討 (3) シミュレーションの実施
5-8-2 営業債権	営業債権が最近3カ年で14百万元増加し滞留月数は3.4カ月に達する	対策として下記を参考とすると良い。 (1) 顧客信用調査、与信限度額の設定 (2) 契約 (3) 日常業務手続き (4) 滞留債権の回収 (5) 債権管理委員会、専門職制の設置 (6) 滞留原因の調査と対策立案と実施 (7) その他
5-8-3 棚卸資産	最近3カ年で28百万元増加し、98年末の滞留月数は9カ月に達している	棚卸資産圧縮の手順 (1) 在庫のABC分析による分類と処分 (2) 恒久対策の立案 (3) 管理システムの改善 (4) 物的システムの改善
5-8-4 経費	販売費、管理費が増加傾向である	管理水準の向上 (1) 管理部門の改善意識の徹底 (2) 目標の明確化 (3) 実施のフォロー (4) 表彰精度の充実と改善意欲の向上 (5) 余剰人員の活用 (6) 業務マニュアル整備と多能科員の養成
5-8-5 損益予算	予算管理不十分	損益予算制度の採用 (1) 予算の計画 (2) 予算による統制 (3) 予算の調整 などを通して企業全体の意志の疎通を図る。

この方針を踏まえ、近代化計画では

- 第一段階 : 現有設備の改善を主体に、すでに開発済としているピストンの安定した製造技術の確立と品質の検証
- 第二段階 : ピストンの生産計画に対応して新鋭設備の導入と溶解炉の更新
- 第三段階 : 新しい柱となるアルミニウム鋳物製品の開発

を提案した。

投資金額としては

- 第一段階 : 8000万円 (530万円)
- 第二段階 : 5億2000万円 (3470万円)
- 第三段階 : 今回は算定せず

とした。

この投資による効果を計算により算定した結果、2003年には投資全額の回収が完了し、2005年には工場が目標としている利益4000万円に対してピストンのみで4000万円以上の利益が期待できる。

## 7-2 勸告

第6章に述べた近代化計画の実現に向けて全廠を挙げて取り組んで頂きたい。

今日のハイテグ（高新技術）時代での企業の発展は周囲の技術に遅れなく追従し、市場の要求するものを高品質、適正価格で供給できることである。そのためには技術、設備、技能も常にレベルアップ（Level up）して行かなければならない。技術開発、人材育成の重要性がそこにある。設備投資の計画にはこれらの費用は含まれていないが、どちらも将来に対する投資として強化して頂きたい。

中国においても人件費は上昇傾向である。今回提案した増産設備はいずれもかなりの自動化がされており、今までに比べて少ない人員で同じ数が生産出来る。例えば連続鑄造設備では品質の安定の上に半分以下の人員で鑄物の生産ができる。CNC自動旋盤とマシニングセンタ各1台でこれまでの1ラインに匹敵する能力を持っている。増産に当たってはこれらの新鋭機械をフル（Full）に稼働させ、出来れば現在の従業員数のまま生産目標を達成することが望ましい。

最後に、総経理を始め従業員全員の努力で山東栖霞ピストン工場が一層発展することを祈念します。

添付資料 1

図・表・写真 リスト



## 図・表・写真 リスト

### 第1章 工場概要

- 図1-2-1 山東栖霞ピストン工場の上部組織
- 図1-2-2 工場配置図
- 図1-2-3 生産高、売上高、利潤の推移
- 図1-3-1 山東栖霞ピストン工場組織図
- 図1-5-1 ピストンの生産フロー
- 図1-6-1 設備の導入年代分布
- 図1-7-1 機種別販売額推移
- 図1-7-2 ピストン販売個数と販売額の推移
- 図1-7-3 ピストンの種類別売上高の推移
- 図1-7-4 ピストンの種類別販売個数（98年）
- 図1-7-5 ピストンの省別の納入個数
- 表1-2-1 業績の推移
- 表1-3-1 期末人員の推移
- 表1-3-2 交代勤務実施工場の状況
- 表1-6-1 工場別主要機械配置
- 表1-7-1 機種／年度別新製品比率
- 表1-7-2 ピストンの用途別生産個数の推移
- 表1-7-3 ピストンの省別の納入個数
- 表1-8-1 2005年までの生産・販売計画
- 表1-8-2 2005年までのピストンの生産計画

### 第2章 工場近代化の方針

- 図2-2-1 トラクター、農用車、自動車、バイクの生産推移
- 図2-2-2 内燃機関の地域別生産容量
- 図2-2-3 中国の用途別ピストン生産個数の推移
- 図2-2-4 中国の用途別ピストン生産高の推移
- 図2-2-5 93年、98年のピストン生産個数の比較
- 図2-2-6 93年、98年のピストン生産高の比較
- 図2-2-7 栖霞ピストン工場のピストン生産数とシェア推移
- 図2-3-1 ピストン工場の製品戦略
- 図2-3-2 山東栖霞ピストン工場近代化の方向
- 表2-2-1 用途別ピストン平均価の推移

### 第3章 生産工程の現状と問題点

- 図3-1-1 珪素の出荷元分析報告
- 図3-2-1 鑄造第一分廠の組織
- 図3-2-2 鑄造第一分廠の設備配置図

- 図 3-2-3 成分分析結果
- 図 3-2-4 ピストンの成分分析結果
- 図 3-3-1 リングトレーガの成分分析結果
- 図 3-3-2 アルフィン層
- 図 3-4-1 鑄造第二分廠の組織
- 図 3-4-2 鑄造第二分廠設備配置図
- 図 3-5-1 活塞各廠の組織
- 図 3-5-2 活塞第一分廠設備配置図
- 図 3-5-3 活塞第二分廠設備配置図
- 図 3-5-4 活塞第三分廠設備配置図
- 図 3-5-5 新活塞廠設備配置図
- 図 3-5-6 ピストンの機械加工順序
- 図 3-5-7 加工工序票の例
- 図 3-7-1 質検処の組織
- 図 3-7-2 検査記録の例
- 図 3-7-3 定期検定証書の例
- 表 3-1-1 元素 等級区分
- 表 3-2-1 アルミニウム合金の種類と成分組成
- 表 3-2-2 含有微量成分の許容限度
- 表 3-5-1 サイズ別ピストン出荷量
- 表 3-5-2 各分廠の生産能力
- 写真 3-2-1 溶解炉の外観
- 写真 3-2-2 ガス発生炉の外観
- 写真 3-2-3 溶解炉付近の床面
- 写真 3-3-1 鑄造第一分廠の内部
- 写真 3-3-2 保持炉の設置状況
- 写真 3-3-3 保持炉の炉体
- 写真 3-3-4 鑄込み作業の状況
- 写真 3-3-5 金型の構造
- 写真 3-3-6 リングトレーガーとピストン断面
- 写真 3-4-1 焼入れ工場の内部
- 写真 3-4-2 溶体化処理籠のピストン装入状況
- 写真 3-4-3 時効処理籠のピストン詰め込み状況
- 写真 3-5-1 活塞第一分廠の内部
- 写真 3-5-2 活塞第二分廠の内部
- 写真 3-5-3 活塞第三分廠の内部
- 写真 3-5-4 105φピストン
- 写真 3-5-5 加工品の積み上げ状況
- 写真 3-5-6 切粉にまみれたピストン
- 写真 3-5-7 通箱の状況
- 写真 3-5-8 作業スペースの広さ



- 写真 3-5-9 マスターカム方式による加工
- 写真 3-6-1 ピストン塗装の状況
- 写真 3-6-2 スプレーガン
- 写真 3-6-3 前処理洗浄槽
- 写真 3-6-4 焼付け用小型電気炉
- 写真 3-7-1 自主検査実施状況
- 写真 3-7-2 化学分析室
- 写真 3-7-3 真円度測定機
- 写真 3-7-4 金属顕微鏡
- 写真 3-7-5 超音波試験装置

#### 第4章 生産管理の現状と問題点

- 図 4-1-1 技術・設計管理体制図
- 図 4-1-2 工芸書の例
- 図 4-1-3 図面類管理登記簿の例
- 図 4-2-1 供給処の組織
- 図 4-2-2 購買品の在庫管理記録
- 図 4-3-1 ピストンの製品在庫リストの例
- 図 4-4-1 生産処の組織
- 図 4-4-2 産品工時定額の例
- 図 4-5-1 質検処の組織
- 図 4-5-2 全社的品質管理体系図
- 図 4-5-3 開発設計品質管理体系図
- 図 4-5-4 鋳造品品質管理体系図
- 図 4-5-5 機械加工品質管理体系図
- 図 4-5-6 組立・試験・出荷品質管理体系図
- 図 4-5-7 ピストン検査流程图
- 図 4-5-8 不合格品報告票の例
- 図 4-5-9 製品検査日報表の記載例
- 図 4-5-10 1998年各分廠品質指標
- 図 4-5-11 QC活動でのパレート図の例
- 図 4-6-1 職工傷亡事故月(年)報
- 図 4-7-1 設備保全の組織
- 図 4-7-2 98年11月度設備定期点検総括表
- 図 4-7-3 設備検査記録表
- 図 4-7-4 設備周期検定計画表
- 図 4-8-1 エネルギーコスト内訳
- 図 4-10-1 CDPシートの例
- 図 4-12-1 銷售会社の内部組織
- 図 4-12-2 開発協議書の様式
- 図 4-12-3 小型トラクターの地域別保有台数と生産台数

- 図 4-12-4 ディーゼルエンジン地域別保有台数
- 図 4-13-1 菜動内燃機械廠の機種別売上の推移
- 表 4-2-1 各種材料の購入量と単価
- 表 4-3-1 在庫量の推移
- 表 4-5-1 機械加工における不良率の推移
- 表 4-5-2 顧客クレームの推移
- 表 4-5-3 98年QC活動計画
- 表 4-8-1 エネルギー年間消費量
- 表 4-8-2 石炭ガスの組成と熱量
- 写真 4-1-1 CADシステム
- 写真 4-2-1 原材料の保管状況(1)
- 写真 4-2-2 原材料の保管状況(2)
- 写真 4-3-1 半製品の保管状況
- 写真 4-3-2 製品の保管状況
- 写真 4-3-3 不安定な積み上げ状態
- 写真 4-4-1 機械加工工程のピストン置き台
- 写真 4-5-1 部品の保管状況
- 写真 4-5-2 半年間放置された不良品
- 写真 4-6-1 ベルトカバーのないモータ
- 写真 4-6-2 保護柵のないストーブ
- 写真 4-6-3 危険なアルミニウムの積み上げ状態
- 写真 4-6-4 機械からの切粉の飛散
- 写真 4-6-5 通路での部品の放置
- 写真 4-8-1 ガス配管からの漏れ
- 写真 4-13-1 煙台内燃機有限公司
- 写真 4-13-2 菜動内燃機有限公司

## 第5章 財務管理の現状と問題点

- 図 5-2-1 財務処組織
- 図 5-3-1 山東栖霞ピストン工場 貸借対照表推移
- 図 5-3-2 山東栖霞ピストン工場 貸借対照表 比率推移
- 図 5-3-3 売上高と内容構成の推移
- 図 5-3-4 ピストンの原価構成の推移
- 図 5-3-5 98年のピストンの原価構成比率
- 図 5-3-6 各種ピストンの単価と粗利推移
- 図 5-4-1 特殊な回収方法
- 表 5-3-1 貸借対照表 (1/2、2/2)
- 表 5-3-2 経営比率分析
- 表 5-3-3 比較損益表
- 表 5-3-4 製造原価推移
- 表 5-3-5 損益分岐点分析

- 表 5-3-6 付加価値分析
- 表 5-3-7 原価要素単価の設定
- 表 5-3-8 能率給の範囲拡大推移
- 表 5-3-9 ピストン全体の原価構成
- 表 5-3-10 1105ピストンの原価と販売単価推移
- 表 5-3-11 195ピストンの原価と販売単価推移
- 表 5-3-12 LD1100ピストンの原価と販売単価推移
- 表 5-4-1 比較貸借対照表
- 表 5-4-2 主要流動資産・負債科目残高推移
- 表 5-6-1 新製品開発投資額指標
- 表 5-8-1 資産増減および滞留月数
- 表 5-8-2 棚卸資産の推移

## 第6章 工場近代化計画

- 図 6-1-1 温度測定熱電対と記録装置
- 図 6-1-2 溶解処理手順
- 図 6-1-3 発光分光分析装置
- 図 6-1-4 溶解保持炉の外観
- 図 6-1-5 保持炉の温度測定
- 図 6-1-6 表面温度計
- 図 6-1-7-1 4スタンド連続鑄造設備の例(その1)
- 図 6-1-7-2 4スタンド連続鑄造設備の例(その2)
- 図 6-1-8 溶体化処理時のピストンの姿勢
- 図 6-1-9 時効処理時のピストンの装入方法
- 図 6-1-10 ローラコンベア
- 図 6-1-11 非円形加工機能付き4軸複合加工型CNC旋盤
- 図 6-1-12 立型マシニングセンタ
- 図 6-1-13 デジタル型測定装置
- 図 6-1-14 自動寸法検査装置の外形
- 図 6-2-1 規定類の番号のとり方の例
- 図 6-2-2 X線透視装置
- 図 6-3-1 ピストン実体疲労試験
- 図 6-3-2 ハイドロパルサ試験装置
- 図 6-3-3 ヒートショック試験装置
- 図 6-3-4 熱膨張試験装置
- 図 6-3-5 技術力向上の仕組み
- 図 6-4-1 管理者の役割と使命
- 図 6-4-2 階層による管理業務と日常業務の割合
- 図 6-4-3 日本の小規模CIMの例
- 図 6-5-1 予算の機能
- 図 6-5-2 総合予算の体系

- 図 6-5-3 予算編成手続き
- 図 6-5-4 予算示達書の例
- 図 6-5-5 損益予算の構成
- 図 6-6-1 生産計画と能力
- 図 6-7-1 投資採算の検討結果
- 表 6-5-1 投資計画シミュレーション
- 表 6-6-1 近代化実施のスケジュール
- 表 6-7-1 近代化の設備投資計画
- 表 6-7-2 投資採算計算結果

## 第7章 結論と勧告

- 表 7-1-1 生産工程の問題点と改善策
- 表 7-1-2 生産管理の問題点と改善策
- 表 7-1-3 財務管理の問題点と改善策

## 添付資料 2

日本特許公報 昭 3 2 - 9 0 5 9 「金属被覆方法」

米国特許公報 No. 2 3 9 6 7 3 0 「COATING METAL」



公告 昭 32. 10. 24 出願 昭 26. 9. 1 特願 昭 26-11345

(抗審 昭 29-502)

工業所有権戦後措置令に依る優先権主張 1941. 10. 24 (アメリカ国)

発 明 者	マーシャル、デー、ホ イツトフイールド	アメリカ合衆国ニューヨーク、ガーデ ンシテイ
同	ヴィクター、シエシュ ノフ	同 所
出 願 人	フェアチャイルド、エ ンジン、エンド、エア プレッ、コーボレイシ ョン	アメリカ合衆国ニューヨーク、エル、 アイ、ファーマーミングデイル
代理人 弁理士	中 松 潤 之 助	(全8頁)

金 属 被 覆 方 法

図 面 の 略 解

第1図は溶解したアルミニウム浴中に円筒胴部を浸漬する事によつて円筒胴部を被覆する方法を示した垂直断面図である。第2図は円筒胴部の周囲にアルミニウムを鑄造する代表的な形式の型の垂直断面図である。第3図は第2図に示す型の平面図である。第4図は円筒胴部に適用されたアルミニウム鞘筒の垂直断面図である。第5図は冷却ひれを備える様に加工された鞘筒の垂直断面図である。第6図は本発明による代表的熱処理操作を示す線図である。

発明の詳細なる説明

本発明は金属を他の金属を以て被覆する方法に係り特にアルミニウム又はその合金を以て鉄系金属を被覆する方法に係るものである。今日迄機械的変形、広範囲の温度変化及び類似現象に抵抗し二金属間の境界に於て分離する事のない合成構造を得る目的でアルミニウムを以て鉄系金属を被覆する種々の方法が提案された。これ等の方法は鉄金属を溶解したアルミニウム中に浸し鉄金属上にアルミニウムを鑄造し又は溶剤又は結合剤を用い又は使用せずにアルミニウムを鉄系金属に吹付ける方法を包含するものである。これ等の方法は何れも汎ゆる目的に対し工業的に使用するには満足し得ないものであつた。またこれ等の方法は複雑であり且高価であり、またこれらの方法を使用した成績は極めて変化が多く為に均一製品を得る事は全然不確実であつた。

本発明に依ればアルミニウム又はアルミニウム基合金及び同一特性を有つ他の非鉄金属被覆を鉄又は鋼金属の一つの如き基底金属に任意所望厚さに被覆し他方に於ては同時にこれ等金属間が変形広範囲の温度変化並に他の厳しい処理に抵抗するボンドを形成する方法を提供するものである。

又本発明によれば特に鋼の被覆に適用された場合には本方法は正規に被覆操作に含まれる段取以外に何等の手段を採用せずに鋼の焼戻し硬化の熱処理をするのに応用できる。

本発明方法は次の様にして遂行される。

最初に被覆されるべき金属品からの異物を完全に清掃する。即ちブラツシかけ又はサンドブラストによつてスケール、塵埃その他の強固なボンド形成に有害な物質を除去する。化学的清浄面は必要ではない。即ちスケール、塵埃及びグリースを面から除去すればよい。鉄製品の一部だけが被覆される場合には被覆を必要としない部分はこれとアルミニウム又はアルミニウム基合金の接触を防止する適当な防止剤で被覆する。本発明の第1工程は上記の様に準備した鉄系金属物品の表面をアルミニウム含有金属の溶解点以上であり、實質的に1625°Fを越えず、該表面の鉄系金属を溶解状態で接触するアルミニウム又はアルミニウム基合金と合金させる温度に加熱し、この物品の加熱された表面と溶解アルミニウム又はアルミニウム基合金とを互に接触させて該物品の表面に鉄-アルミニウム合金の膜が形成されるのに十分な時間保持

し、品物の表面上に薄い鉄—アルミニウム合金ボンドを形成することである。

この操作は短時間に止め度い。

それは品物の表面上に厚い合金ができるのを防止する必要があるからである。何故ならば形成される鉄アルミニウム合金は硬い脆い金属であつて著しい衝撃又は歪曲には抗し得ず、従つて終局の結合を弱める程厚くすべきではないからである。

従つて本発明の第2工程は上記の鉄—アルミニウム合金ボンドが厚くなるのを防止する手段である。この手段は鉄—アルミニウム合金が形成されその表面にアルミニウム含有金属の熔融被覆を有する物品をアルミニウム含有金属から引出すか、或は物品を前記のアルミニウム含有金属より低温度のアルミニウム又はアルミニウム基合金の第2の熔融浴に浸漬し、次いでアルミニウム又はアルミニウム基合金の熔融被覆を有する物品を熔融浴から引出すことによつて行われる。

この第2の浴は第1浴のアルミニウム又はアルミニウム合金より低い熔融点を持ち、物品の臨界温度以下の温度に維持され、従つて鉄系金属を硬化及び強靱化する浸冷剤として役立つ。しかしその温度は既に形成されている熔融アルミニウム被覆を固化させる程低い温度であつてはならない。

上記の第1浴としてはアルミニウム自体を使用できるばかりでなく任意のアルミニウム合金を使用できる。また第2浴としてはアルミニウム硅素合金例えばアルミニウム37%、硅素13%の合金が好適である。

品物はその温度が實質上浸冷浴の温度に達する迄浸冷浴内に置かれ、次いで浸冷浴から引出された後残つている濡れた表面上に任意の所望厚さのアルミニウム層が施される。此アルミニウム層は任意の所望厚さのものでよく、これは鑄造する事によつて品物上に施すこと、また成る可くは型を品物の濡れた表面の周囲に置き熔融アルミニウムを所望深さ又は厚さ迄これと接触して注入することが好ましい。

アルミニウムが固化するとアルミニウムの實質的に均一な層が品物の表面上に作られ、これは鉄—アルミニウム合金の結合によつて鉄の品物に固着される。此アルミニウム層は次に機械加工するか又は他の処理を受けて所望の完成品又は半仕上品に作られる。

本発明方法を使用した一例としてシリンダーと頭部を含めて一単位とし或は又シリンダーと頭部とを別個とした内燃機関シリンダーがあげられる。これは上記の様にアルミニウムの鞘筒を外面に備えまた鞘筒には冷却ひれを形成する溝又は割目を有し、これらの溝又は割目はアルミニウムがシリンダーに施された時鑄造によつて形成されるか又は金属に溝を鋸刃又ミリングによつて形成される。適当な型の鋼で形成され且上記概説した方法に従つて処理されたシリンダー胴体はロツクウェル硬度高く強靱性であり、之に強固に着座し且化学的に結合された冷却構造を有つ特徴を有する。

本発明方法は鉄を基礎とする金属品にアルミニウム又はアルミニウム合金の層を任意所望厚さに施す極めて簡単な経費のかゝらない有効な方法を提供するものである事が解る。而してその方法は基底金属に附加性質又は便利性例えば熱伝導性の高いためアルミニウムによつて与えられる急速な冷却性を提供するのに採用される。

以下本発明を一層良く了解させる為図に就いて説明する。本発明を実施する方法の説明として第5図に示す様な航空機関用シリンダー胴体に冷却ひれ11を持つ仕上り構造を作る様に処理される場合を示す。例示されたシリンダー胴体10は任意の所望寸法の管部材から成りその上に放射状の鏝12及適当に突起した環状輪13を持つ。

アルミニウムの接合又は結合を確保する助として粗面形成の様な特殊表面仕上を必要としない。種々の型の鋼をこのシリンダー胴体の製造に使用出来る。その代表的なものとしてSAE1140鋼(クロムモリブデン鋼即ちクロム0.8~1.1%、モリブデン0.15~0.25%、炭素0.35~0.45%、マンガノ0.60~0.90%、磷及硅素各0.04~0.05%以下含有のもの)がある。

胴体の外部の一部のみ即ち鏝12の上方部分のみを被覆する場合には胴体の内部及鏝を含めた残部に例えば石灰溶液又は均等物の様な防止剤を被覆する。次いで胴体を鋼、鉄又は他の被覆浴の高温に耐え得る材料で形成され、取手15を設けた輪14上に支持する。この取手によつてシリンダー10は浴16内に降下させる事が出来る。外部から加熱する増場16a又は類似物で構成される浴16は部分的に熔融アルミニウム又はアルミニウム基合金で充



たされ約1525及1625Fの間の温度に維持される。浴16の温度は浴を構成するアルミニウム含有金属の溶解点に関係しているが如何なる場合にもその溶解点よりやゝ高く維持される事前述の通りである。

輪状カラー又は奪管17をシリンダー胴体の鏑12の上面に緩く支持し、これをシリンダー胴体10と共に溶解アルミニウム中に下降する。カラー17には外方に突出した腕18を設け、此は坩堝16aの頂部端部と組合い従つてシリンダー胴体10が浴内に下降された時カラー17は腕18が坩堝16aの頂部端部と組合つて停止される。かくして下降する胴体10はカラー17の下に落ち、溶解アルミニウムがその下端とシリンダー胴体上鏑12との間に流れ込む事を許す。輪14とカラー17の作用は浴の頂部上の滓又は酸化アルミニウムを分離し且つ押し除けて被覆さるべきシリンダー胴体部分と接触するのを妨げるにある。即ちシリンダー胴体10並に輪14が浴16内に降下されると酸化アルミニウムは分離され且つシリンダー胴体の周囲を流れ更にカラー17の周囲を上方に向つて流れる。

カラー17と鏑12が離れると酸化浮渣の下のとけた金属はシリンダー胴体の上部の周囲に流れこれと密に接触する。

約1525Fと約1625Fの間の温度が浴16とシリンダー胴体10との組合せ面に於ける鉄、アルミニウム合金の非常に迅速な形成を促進するのに採用される。アルミニウムとシリンダー胴体10との間の充分な結合は1乃至6分以内で得られ又例えば針金の様な小さい物の場合には数秒以内で得られる。多くの場合鉄、アルミニウム合金の薄層のみが望まれるため合金の形成は被覆胴体10を冷却する事によつて阻止される。これは溶解アルミニウム又はアルミニウム基合金の第2の浴内にほゞアルミニウムの溶解点又はそれより僅かに低い温度好ましくは1000乃至1250Fの間の温度で浸漬することによつて達成される。成る可くアルミニウムと硅素を含有する浴の使用が望ましく、硅素はアルミニウムの溶解点を低下させる。例えば適当な浴は硅素約13%を含んだものである。彼様な合金浴を使用する事は又シリンダー胴体上のアルミニウム被覆面を清浄にする利益がある。高温に加熱された胴体が低温の浴内に浸漬されると胴体の熱は胴体表面に近接した浴の温度を揚げその結

果として浴の流動性が増加しアルミニウム被覆の表面から酸化物を洗ひ又は剥ぎ取る様に思われる。第2浴はかくして合金作用を阻止し又胴の表面を次の被覆操作に適した状態に置く。胴体の低下された温度は又被覆温度が一層接近するため次の被覆操作を容易にする。浴16内の最初の被覆操作の間シリンダー胴体10は次の様な高温に加熱される。即ち胴全体が次の浸冷によつて硬化される状態におかれ、鋼の成分の溶体化が生ずる様な高温に加熱される。多くの鋼は空气中で放冷され又は1525F級の温度から油中に浸冷すると極めて硬い然し脆いマルチンサイト結晶組織が金属中に形成される事が知られている。従つて鋼を急に臨界以下にすること即ち冷却に当つてオーステナイトからフェライトの沈澱が始まるより前の温度に浸冷する為に第2浴を使用する事は有利である。鋼の次の処理を調節する事によつて所望性質が得られる。此浸冷操作は胴体をこれを構成する鋼の臨界温度以下であるが然し成る可くはマルチンサイト形成温度以上に保たれたアルミニウム又はアルミニウム基合金の第2浴に浸漬することによつて得られる。此型式の浴は非常に価値のある利点を幾つか有つものであつて即ち(1)第2浴を構成している鑄けたアルミニウム又はアルミニウム基合金の特に良い熱伝導の結果として急速浸冷が得られること。(2)アルミニウム及びアルミニウム基金属の熱奪取容量が大なるため浸冷温度を厳密に調節出来る事。第1浴中でもまた第2浴中でも鋼は浴のアルミニウム又はアルミニウム基底合金によつて完全に濡らされており、従つて鋼部材の内部と伝導の高い浴との間に実質的に連続した熱伝導経路がありそれによつて熱の出入移動が促進される事が判る。従つて此方法は鉛と他の鑄けた金属との浴浸冷方法と対称的なものであつて後者では熱処理されるべき品物は濡らされて居らず従つて熱伝導は界面に於て不完全である。鋼が最初の被覆浴内でアルミニウムを以て完全に濡らされているため低温にある第2浴に浸漬しても然らざれば鉄—アルミニウム合金ボンドが急速に形成され更にシリンダーを硬化するのを阻止するものである。本方法に従つて処理されたシリンダーは多くの例に於てロックウェルC55乃至58の硬度を持つ。

品物が第2浴内に浸冷され且鉄—アルミニウム

ボンドの形成が阻止されるとシリンダー胴体は尚濡らされているアルミニウムによつて濡らされている間に型に移され、こゝで鋸融点又はそれより僅かに高い温度にある鋸融アルミニウムが濡れたシリンダー胴体の周囲に注がれ、そして冷却して胴体の外面上に第4図に示す仕意所望厚さのアルミニウム鞘筒30を形成する。第2浴内に浸冷する事は結局品物の温度を鋸造される金属の温度以下に下げ鋸造中鋼組織が変化する温度迄品物を再熱する事を防止することとなる。従つて鋼はその臨界温度迄再熱されることがない。鋼の熱処理が不必要であり又は望ましくない時には第2即ち浸冷浴は省略でき、鞘筒30は第1浴内に於て品物11上に形成された薄い鉄—アルミニウム合金の上に横たわるアルミニウム皮膜上に直接鋸造される。而して上記皮膜は尚濡らされている事上記の通りである。

第2図、第3図はシリンダー胴体10上にアルミニウム鞘筒30を鋸造する為の型Mの適当な型式を示す。此型は割型のもので二つの部分20及21を含み両者はその端部に重合する蝶着鏝22及23を持つ中空円筒の半分の形状をなし蝶番ピン60によつて結合され二つの部分を開いて分離する様になつている。各部分20、21には型Mの下端に近接して内方に突出した肩部24があつてシリンダー胴体上の鏝12の輪状支持台を形成する。またシリンダー胴体10の下端を受けるために勾配のついた開口25を設け鋸融アルミニウム又はアルミニウム基合金によつていまだ濡らされているシリンダー胴体10は鏝12と型内の肩24の間に介在された石棉ワツシヤと共に型M内に置かれる。次いで鋸融アルミニウムを型の壁とぬれたシリンダー10の外壁との間に型の上端で注入し鞘筒30を作ることができる。かくして鞘筒は前記の合金ボンドによつてシリンダー胴体10に確実に結合される。鋸物はシリンダー胴体10の内方を通して空気を吹く事により冷却してもよく、或は又油中に浸冷してもよい。而してアルミニウムが硬化されると型は割られてシリンダー胴は取出す事が出来る。その後胴体上のアルミニウム鞘筒30は適當の手段で溝を切りまた不要部分を除去してシリンダー胴に密に結合された冷却ひれ11を形成する機械加工されかくして冷却目的のため熱の急速且有効な伝導が出来る様になる。若し望むならばシリンダー胴体上の鞘筒30を

機械加工をするに先だつて品物を焼戻し用炉に移し次いで焼戻しの為油中に浸冷する事も出来る。種々の浴の温度並に被覆され且硬化される品物の処理回数は品物の大きさに依り従つてその熱伝導割合及び処理を受ける金属の型式によつて変化することは諒解されるであらう。

然し最初の合金化並に被覆用浴内の最も満足な温度は大抵の鋼の型式に対して1525乃至1625°Fの間の範囲内にある事がわかつた。此の浴中の浸漬時間は広範囲に変わる。例えば針金を被覆するには強固な鉄—アルミニウムボンドを形成するのに成功する為にしばしば数秒で充分であり、大きな品物では満足なボンドを形成するに必要な合金化温度迄被覆さるべき表面を加熱するのに10分又はより以上の長い時間を要するものである事がわかつた。浸冷温度も亦金属中に形成される結晶組織の型式によつて異なるが1300乃至1250°Fの間の温度が多く例に於て鋼の処理に対して満足なものである事がわかつた。浸冷時間も勿論品物の大きさ及び熱を取り去り得る割合に従つて著しく変化する。普通上記の型式のシリンダー胴体に対しては4分の1乃至5分の浸冷時間が全く満足なものである事が知られた。

第6図の図線に示す様に操作段階の順序は本發明方法が鋼の熱処理に使用される場合には僅かに変化することができる。

此線図に示した様に例えば品物が鋼片である場合約1575乃至1625°Fの間の温度に迄上昇され次いで約1100°Fに於てアルミニウム—硅素合金浴内に浸冷される。浸冷品は次に油中に浸冷され約100°Fで取出され再び油中に浸冷される。所要の硬度及他の物理的性質に従つて第2浴に於て最初の浸冷を行つた後適當な時間炉中に置き、次いで油浸冷を行うこともできる。此事は第6図の点線曲線によつて示されている。高温度に於けるアルミニウムの熱伝導度の高い事(約1110°Fに於て1.01)及アルミニウムの比熱の高い事(0.2683)とは特に急速な浸冷作用並に熱放散作用を起しかくして熱処理操作の正確な制御が得られる。

本發明の上記説明から明らかな事はアルミニウムを以て品物を被覆する簡単な最も有効な方法を案出した事であつて若し所望ならば又は必要とあれば同時にこれらの品物を熱処理して適當な靱性を持つた硬度の高いしかもアルミニウム及鋼の熱

膨張係数の広範囲の相違に係わらず航空機関用シリンドラ胴体の如き品物に加えられる様な苛酷な高温度の取扱いに抗し得るものが出来る。

#### 特許請求の範囲

鉄系金属物品にアルミニウム並にアルミニウム基合金から成る群のアルミニウム含有金属を直接被覆する方法に於て、被覆されるべき物品の表面をアルミニウム含有金属の熔融点以上であり、実質的に1625°Fを越えず、該表面の鉄系金属を、熔融状態で接触するアルミニウム含有金属と合金させる温度に加熱し、この物品の加熱された鉄系金属表面と熔融アルミニウム含有金属とを互に接触させて該物品の表面に鉄—アルミニウム合金の膜が形成されるのに十分な時間保持し、次いでこの鉄アルミニウム合金の膜上にアルミニウム含有金属の熔融被覆を有する物品をアルミニウム含有金属との接触から引出すか、或いは物品を該アルミニウム含有金属より低温度のアルミニウム又はアルミニウム基合金熔融浴に浸漬し、次いでアルミニウム又はアルミニウム合金の熔融被覆を有する物品を熔融浴から引出して鉄—アルミニウム合金の形成を抑制し、この被覆並表面を該被覆が熔融状態をなすのに十分な高温に維持しながらこの熔融被覆並にこれと間隔を存した鑄型との間にアルミニウム並にアルミニウム基合金から成る群から選ばれた熔融金属の層を鑄造し、表面上の熔融被覆並に層を冷却し、かくして被覆と層を結合し、鉄—アルミニウム合金を通じて物品の表面に完全に結合した所望の厚さのアルミニウム含有金属の単一被覆を形成することを特徴とする鉄系金属品にアルミニウム含有金属を直接被覆する方法。

#### 附 記

1 鉄金属品をアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群の熔融金属の槽内に上記品物の表面上に鉄アルミニウム合金膜を形成するに足る温度並に時間浸漬し、この品物を冷却することなしに、上記第1浴より低温に保たれたアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群の熔融金属槽内に浸漬して合金形成を阻止し、フィルムを清掃し品物の表面に熔融被覆を形成し、次いで品物の表面が上記第2浴からの上記熔融金属を以てなお濡らされている間にアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群の熔融金属を上記被覆面上に鑄造する事から

成る特許請求範囲記載の方法。

- 2 鉄系金属品物を約1525乃至1625°Fの間の温度に於て上記金属品の表面に鉄—アルミニウム合金フィルムを形成するに十分な時間熔融したアルミニウム含有金属と接触させ、この品物を実質的に冷却することなしに、また熔融したアルミニウム含有金属で濡れている間に、ほぼ1000乃至1250°Fに保持したアルミニウム—珪素合金の浴に浸漬して品物を冷却しまた更に合金が形成されるのを阻止し、このフィルムの表面を清掃し、次いでこの温度に於て品物の表面に熔融したアルミニウム含有金属の被覆を施し、品物を冷却することからなる特許請求の範囲記載の方法。
- 3 シリンドラ胴体をアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群の金属浴中に、上記胴体上に鉄—アルミニウム合金のフィルムを形成するに充分な温度且時間浸漬し、胴体を実質的に冷却する事なしに、上記第1浴より低温に保たれたアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る第2浴に移して鉄—アルミニウム合金のそれ以上の形成を阻止し且合金フィルムの表面を清掃し、この胴体を実質的に冷却する事なく型内に移し、而して直接アルミニウム及びアルミニウム合金から成る群の金属層を上記の胴体の濡れた表面上に鑄造し層を形成させ、胴体壁より厚いアルミニウム含有金属の層を以て鉄系金属製機関シリンドラ胴体を被覆する特許請求の範囲記載の方法。
- 4 胴体上に鉄—アルミニウム合金フィルムを形成するに充分な温度並に時間をかけて胴体を熔融アルミニウム含有金属浴中に浸漬し、胴体を実質上冷却する事なしに第1槽より低温にあるアルミニウム含有金属の第2浴に移しそれ以上の合金の形成を阻止し、胴体を実質上冷却する事なしに型内に移し、上記胴体の濡れた表面上にアルミニウム含有金属の層を直接鑄造して層を形成し、この胴体を内部から冷却してその間アルミニウム含有金属層を凝固させ実質上その半径方向に均一収縮を誘起することにより胴体壁より厚いアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群のアルミニウム含有金属を以て鉄金属製機関シリンドラ胴体又は同種物を被覆する特許請求の範囲記載の方法。

- 5 品物を鎔融金属中に浸漬し、上記品物を上記浴と上記品物の界面に鉄—アルミニウムフィルムを形成し且被覆金属の鎔融点以上に上記品物を加熱するに充分な丈の浴温度に於て或時間上記浴と上記品物とを接触して維持する事とによつて鉄金属品物上にアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群の金属の最初の鎔融表面被覆を形成し、次いで上記被覆が鎔融し且つ濡らされるのに充分な高い温度に該品物並に被覆を保持しながらアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群の鎔融金属を上記の最初の被覆上に铸造し両者に永久的な結合を形成する事から成る鉄金属品物をアルミニウム又はアルミニウム合金を以て被覆する特許請求の範囲記載の方法。
- 6 被覆さるべき品物の表面を実質上1625°Fを超えない温度而して上記アルミニウム含有金属の鎔融点以上即ち上記表面の鉄金属をして鎔融状態にありこれと接触している上記アルミニウム含有金属と合金をなさしめる温度以上に加熱し上記の品物の加熱された鉄金属表面と上記の鎔融アルミニウム含有金属とを両者間の界面に鉄—アルミニウム合金アルミニウムを形成しまた品物の該合金面上アルミニウム含有金属の最初の被覆を形成するに足る丈の時間相互の接触状態に保ち、上記の最初の被覆と上記表面が上記の最初の被覆の鎔融範囲以内の温度にある時従つて上記の最初の被覆と鎔融金属の上記層が結合する如き温度に於て上記の最初の被覆並にこれと間隔を存した型との間にアルミニウム及びアルミニウム基合金の鎔融金属の層を铸造し、この被覆と表面上の層とを冷却しかくして上記鉄—アルミニウム合金を通して品物の表面に一体となつて結束された所望厚さのアルミニウム含有金属の実質上均一な被覆を形成する事から成るアルミニウム及びアルミニウム基合金を以て鉄金属を直接被覆する特許請求の範囲記載の方法。
- 7 被覆されるべき品物の表面を1625°F実質的には超えない温度即ち表面の鉄系金属が鎔融状態にあるアルミニウム含有金属と鉄—アルミニウム合金を形成する温度迄加熱し、上記加熱面並にこれと間隔を存した型との間にアルミニウム及びアルミニウム基金属から成る群の鎔融金属

層を铸造し、前記合金の形成後合金を膜の厚さに制限する為前記合金温度以下の温度然かし前記合金が鎔融金属と結合する温度以下にならぬ様前記表面を冷却し、次いでこの層を冷却し上記鉄—アルミニウム合金被膜を通して品物の前記表面に一体となつて結合された所望厚さのアルミニウム含有金属の実質上均一被覆を形成する事から成るアルミニウム及びアルミニウム基合金から成る群のアルミニウム含有金属を以て鉄金属品物を直接被覆する特許請求の範囲記載の方法。

- 8 品物を鉄金属の臨界温度以上の温度に保たれた鎔融したアルミニウム又はアルミニウム基合金の浴中に浸漬し、少くともその鎔融物熱処理温度以上に迄品物の表面を加熱して鉄金属で形成された品物を熱処理する特許請求の範囲記載の方法。
- 9 環状鋼製シリンダー、上記シリンダーの外方部分上のアルミニウム含有金属の比較的厚い輪状鋳物及び前記シリンダーと鋳物との間にあり二つの金属を永久的に結合するボンドを形成する鉄アルミニウム合金フィルムとからなり従つて鋼製シリンダー、鉄—アルミニウムボンド並にアルミニウム含有鋳物を通じて熱伝導経路が形成され、また該鋳物は前記鉄アルミニウム合金フィルム以上の厚さを持つ所の特許請求の範囲記載の製品。
- 10 環状鋼製シリンダー、該シリンダーの外部にある比較的厚いアルミニウム含有金属の環状鋳物並に該シリンダーと鋳物との間の界面にあり両金属を永久的に結合するボンドを形成する鉄—アルミニウム合金フィルムとからなり、従つて鋼製シリンダー、鉄—アルミニウムボンド並にアルミニウム含有鋳物を通じて連続的な熱伝導経路が形成され、また鋳物は鉄—アルミニウム合金フィルムより実質的に大きい厚さを有する特許請求の範囲記載の製品。
- 11 鉄系金属品該金属品の少くとも一表面部分上のアルミニウム含有金属から成る比較的厚い鋳物並に前記品物と鋳物の中間面に於て二つの金属を永久に結合するボンドを形成する鉄アルミニウムフィルムから構成され、従つて品物、鉄—アルミニウムボンド並にアルミニウム鋳物中に連続した熱伝導経路が形成され、また鋳物は

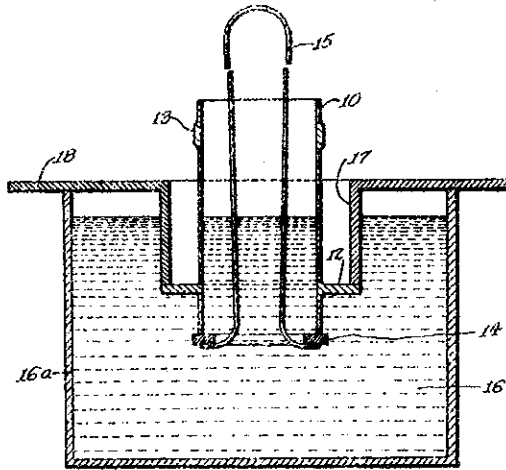
(7)

特許出願公告  
昭32-9059

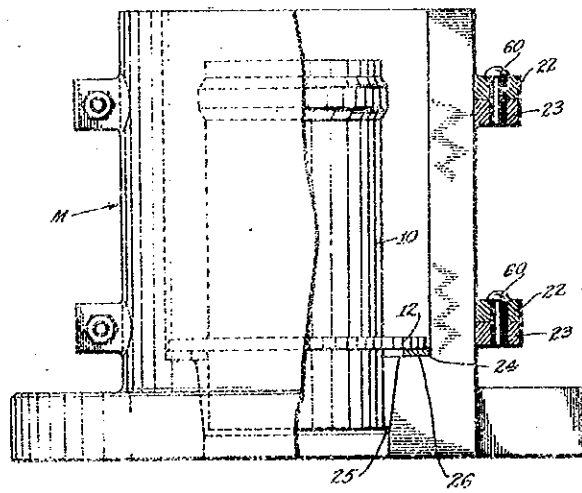
実質上上記鉄アルミニウム合金膜以上の厚さを持つ特許請求の範囲記載の製品。  
12 実質的に明細書に記載された鉄系金属製品の被覆方法。

13 実質的に明細書に記載された鉄系金属製品の熱処理法。  
14 明細書に記載し且図面に示させた被覆金属製品。

第1図



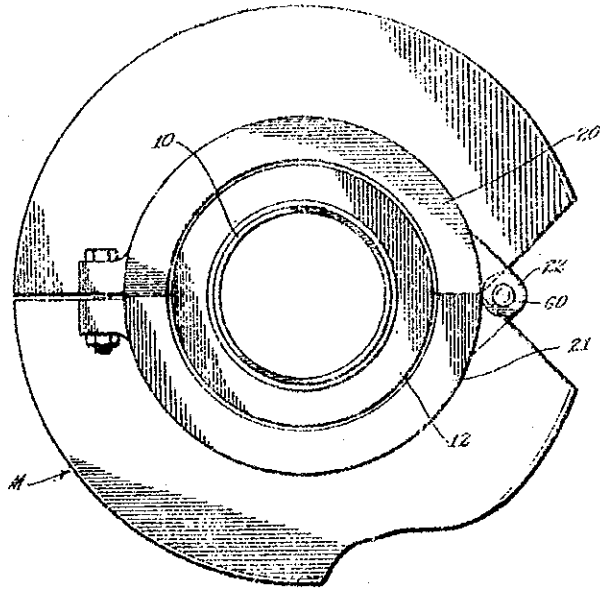
第2図



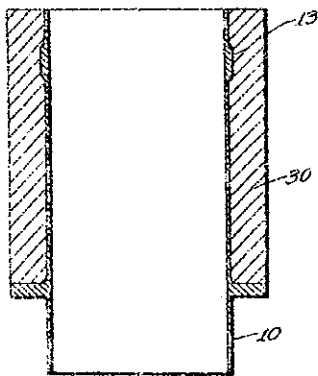
(8)

特許出願公告  
昭32-9059

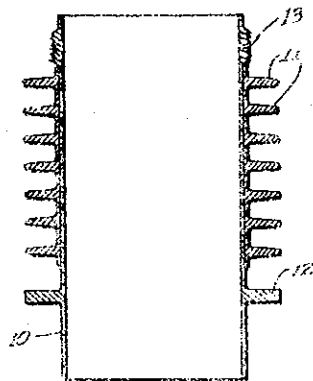
第3圖



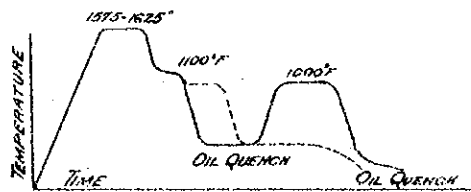
第4圖



第5圖



第6圖



# UNITED STATES PATENT OFFICE

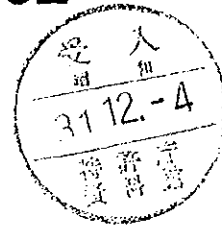
2,396,730

## COATING METAL

Marshall G. Whitfield and Victor Sheshunoff,  
Garden City, N. Y., assignors to Al-Fin Corporation,  
Farmingdale, N. Y., a corporation of Delaware

Application October 24, 1941, Serial No. 416,328

7 Claims. (Cl. 22-204)



This invention relates to the coating of metals with other metals, and has particular reference to the coating of ferrous metals with aluminum or its alloys.

Heretofore various methods have been proposed for coating ferrous metals with aluminum with a view to procuring a composite structure which would withstand mechanical deformation, wide variation temperature, and the like, without separation at the zone between the two metals. These methods involved dipping the ferrous metal in molten aluminum, casting the aluminum on the ferrous metal, or spraying the ferrous metal with molten aluminum with or without the use of fluxing or bonding materials. Few of these methods have been sufficiently satisfactory to justify their commercial use for all purposes. Also, these prior methods were complicated and expensive and the results of their use were so variable that production of uniform products was not at all certain.

In accordance with the present invention, a process is provided for applying a coating of aluminum, or aluminum base alloys, and other non-ferrous metals having similar characteristics, to a base metal, such as one of the iron or steel metals, to any desired degree of thickness while at the same time producing a bond between these metals which will withstand deformation, wide temperature changes and other rigorous treatment.

Also in accordance with the present invention, particularly when applied to the coating of steel, the process may be utilized to heat-treat the steel to temper and harden it without the use of any other steps than those normally involved in the coating operation.

The preferred process of the invention is conducted essentially in four steps, beginning with a thorough cleaning of the base metal of all foreign matter, as by brushing or sand-blasting, to remove scale, dirt, and other material which would interfere with the formation of a strong bond. A chemically clean surface is not required; it is necessary merely to clean the surface sufficiently to remove scale, dirt and grease therefrom.

If only part of the ferrous article is to be coated, the portions not to be coated are covered with a suitable stop-off preparation which will prevent contact between those portions and the aluminum, or aluminum base alloy, and the article is then immersed in a bath of molten aluminum, or aluminum base alloys, for a sufficient time and at a proper temperature to cause the aluminum

to alloy with the ferrous metal and form a thin iron-aluminum alloy bond on the surface of the article. Preferably this operation is of short duration in order to preclude deep alloying action on the surface of the article, inasmuch as the iron-aluminum alloy formed thereupon is a hard, brittle metal which is not capable of withstanding considerable shock or distortion, and hence should not be so thick as to weaken the eventual bond.

A third step of the process consists of immediately transferring the article coated with the thin film of molten aluminum, to a second bath for applying a second film to the article. This second bath preferably has a lower melting point than aluminum or aluminum alloy of the first bath, and is maintained at a temperature below the critical temperature of the article, thereby also serving as a quenching medium for hardening and toughening the metal, but not so low as to cause the initial aluminum coating to freeze to any substantial degree. An alloy of aluminum and a temperature-depressing metal or metals has proven effective for that purpose. The article is retained in the quenching bath until its temperature has attained substantially the temperature of the quenching bath, and then a layer of aluminum of any desirable thickness, is applied over the wetted surface remaining after removal from the quenching bath. This aluminum layer may be any desired thickness, and is preferably applied by casting it on the article, preferably by placing a mold about the wetted surface of the article and pouring molten aluminum in contact therewith to the desired depth or thickness. When the aluminum solidifies, a substantially homogeneous layer of aluminum is provided on the surface of the article which is secured by the bond of ferro-aluminum alloy to the ferrous article. This layer of aluminum may then be machined or otherwise treated to produce the finished or semi-finished product desired.

As an example of one use of the method of this invention, an internal combustion engine cylinder, including barrel and head as a unit, or barrel and head separately, may be provided on its outer surface with a muff of aluminum in the manner described and the muff provided with grooves or slots forming cooling fins, these grooves or slots either being formed by casting when the aluminum is applied to the cylinder, or by machining the aluminum muff so formed, as by saw-cutting or milling grooves in the metal. Cylinder barrels formed of appropriate types of steel and treated in accordance with the process outlined above are characterized by a high Rockwell hardness,

toughness, and by a firmly seated and chemically-bound cooling structure affixed thereto.

It will be seen that the method of the present invention provides a very simple, inexpensive and efficient method for applying to a ferrous base metal article a layer or plate of aluminum, or an alloy thereof, to any desired thickness which may be used for the purpose of providing the base metal with added properties or facilities, such as, for example, the rapid cooling afforded by the aluminum because of its higher heat conductivity.

For better understanding of the invention, reference may be had to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a view in vertical section illustrating the manner in which a cylinder barrel may be coated by dipping the same in a bath of molten aluminum;

Figure 2 is a view in vertical section of a typical form of mold for casting aluminum about the cylinder barrel;

Fig. 3 is a plan view of the mold of Fig. 2;

Fig. 4 is a view in vertical section of a cylinder barrel with the aluminum muff applied thereto;

Fig. 5 is a view in vertical section of the cylinder barrel with the muff treated to provide cooling fins; and

Fig. 6 are diagrammatic showings of typical heat treating operations in accordance with the present invention.

In accordance with the present invention and as illustrative of the method of practicing the invention, a cylinder barrel 10 for an airplane engine is treated to produce a finished construction having cooling fins 11 thereon, as shown particularly in Fig. 5 of the drawings. The particular cylinder barrel 10, shown by way of example, may consist of a tubular member of any desired dimensions having a radially directed flange 12 thereon and a suitably raised annular ring 13. No special surface finish, such as roughening, need be provided to aid in securing the adhesion or binding of the aluminum thereto.

Various types of steel may be used in the preparation of such cylinder barrels, typical of which is high strength SAE 4140 steel (a chrome-molybdenum steel, containing 0.8-1.1% chromium, 0.15-0.25% molybdenum, 0.35-0.45% carbon, 0.60-0.90% manganese, and not more than 0.04-0.05% phosphorous and silicon each).

Inasmuch as it is desired to coat only a portion of the exterior of the barrel 10, namely, that portion above the flange 12, the remainder of the barrel, including the inside and the flanges, may be coated with a "stop-off" preparation, such as, for example, a lime solution or equivalent coating. The barrel is then supported on a ring 14 which may be formed of steel, iron, or other material capable of withstanding the high temperature of the coating bath and which is provided with a handle 15 by means of which the cylinder 10 may be lowered into bath 16. The bath 16 which may be an externally heated crucible 16a, or the like, is partially filled with molten aluminum, or an aluminum base alloy, and maintained at a temperature between about 1525 and 1625° F. The temperature of the bath 16 depends upon the melting point of the aluminum-containing metal of which it is composed, but in any case its temperature is maintained somewhat above its melting point, as indicated.

An annular collar or sleeve 17 is supported loosely on the upper surface of the flange 12 of the cylinder barrel and is lowered into the molten

aluminum with the cylinder barrel 10. The collar 17 is provided with outwardly projecting arms 18 which engage the top edge of the crucible 16a so that as the cylinder barrel 10 is lowered into the bath the collar 17 will be stopped by engagement of arms 18 with the top edge of the crucible 16a. The descending barrel 10 thus drops below the collar 17 and allows the molten aluminum to flow between its lower edge and the flange 12 on the cylinder barrel.

The function of the ring 14 and the collar 17 is to part and push aside and thus prevent contact of the slag or aluminum oxide on the top of the bath with the portions of the cylinder barrel 10 to be coated. Thus, as the cylinder barrel 10 and the ring 15 are lowered into the bath 16 the aluminum oxide will be parted and will flow around the cylinder barrel and upwardly around the collar 17. When the collar 17 and the flange 12 separate, the molten metal beneath the oxide scum flows around the upper portion of the cylinder barrel and comes into intimate contact with it.

Temperatures between about 1525° and 1625° F. are used to promote a very quick formation of a ferro-aluminum alloy at the engaging surfaces of the bath 16 and the cylinder barrel 10. A sufficient bond between the aluminum and the cylinder barrel 10 will be obtained within one to six minutes, or in the case of small articles, such as, for example, wire, within a few seconds. Inasmuch as only a thin layer of the ferro-aluminum alloy is desirable in most instances, the formation of the alloy is arrested by cooling the coated barrel 10. This may be accomplished by immersing it in a second bath of molten aluminum or an aluminum base alloy, at about the melting point of aluminum or slightly below, preferably between 1000° and 1250° F. Preferably a bath containing aluminum and silicon is used, with the silicon depressing the melting point of the aluminum. For example, a suitable bath may contain about 13% silicon. The use of such an alloy bath also has the added advantage of cleaning the surface of the aluminum coating on the cylinder barrel. It appears that when the highly heated barrel is immersed in the lower temperature bath, the heat of the barrel raises the temperature of the bath adjacent the barrel surface and the consequent increased fluidity of the bath washes or strips the oxide from the surface of the aluminum coating. The second bath thus arrests the alloying action and also places the surface of the barrel in condition for the subsequent coating operation. The reduced temperature of the barrel also facilitates the subsequent coating operation because the coating temperature is more nearly equaled.

During the initial coating operation in bath 16, the cylinder barrel 10 is heated to a high temperature, such that solution of the constituents of the steel takes place, thus placing the entire barrel in a condition to be hardened by subsequent quenching.

Inasmuch as it is known that many steels, when allowed to cool in air or quenched in oil from temperatures on the order of 1525° F. will form an extremely hard but brittle martensitic crystalline structure in the metal, advantage is taken of the use of the second bath to quench the steel rapidly to a temperature below the critical, i. e. below the beginning of precipitation of ferrite from the austenite on cooling. By regulating the subsequent treatment of the steel, the desired properties are obtained. This quenching opera-



tion results from the immersion of the barrel in the second bath of aluminum or an aluminum base alloy maintained at a temperature below the critical temperature of the steel involved, but preferably above martensite formation temperature.

A bath of this type has several exceedingly valuable advantages, namely, (1) a rapid quench which results from the especially good heat conductivity of the molten aluminum or aluminum base alloy, of which the second bath is composed, (2) the great heat extraction capacity of the aluminum and aluminum base alloys enables the close control of the quenching temperature.

It will be observed that both in the first bath and in the second bath the steel is perfectly wetted by the aluminum or aluminum base alloy of the bath, so that there is virtually a continuous heat transfer path between the interior of the steel member and the highly conductive bath, whereby travel of heat in and out is facilitated. This method thus contrasts with lead and other molten metal bath quenching methods where the article to be heat treated is not wetted and hence heat transmission is imperfect at the interface.

Inasmuch as the steel has been perfectly wetted with aluminum in the first coating bath, immersion in the second bath at a lower temperature arrests the otherwise rapid formation of the ferro-aluminum alloy bond, and in addition hardens the cylinder. Cylinders treated in accordance with our process have, in many instances, a hardness of 55-58 Rockwell C.

When the article has been quenched in the second bath, and the formation of the ferro-aluminum bond arrested, the cylinder barrel, while still wetted by molten aluminum, is transferred to a mold where molten aluminum at its melting point, or slightly above, is poured about the wet cylinder barrel and cooled to form the aluminum muff 30 of any required thickness on the exterior surface of the barrel, as shown in Fig. 4. The quenching in the second bath purposely reduces the temperature of the article below that of the casting metal to preclude reheating of the article during casting to a temperature where the steel structure will be changed. The steel is accordingly not reheated to its critical temperature. Where heat treatment of the steel is not necessary or desirable, the second or quenching bath may be omitted, and the muff 30 cast immediately on the aluminum skin overlying the thin ferro-aluminum alloy formed on the article 10 in the first bath and while said skin is still wet as described.

Figs. 2 and 3 of the drawings disclose a suitable type of mold M for casting the aluminum muff 30 on the cylinder barrel 10. This mold may be of the split type, including two segments 20 and 21, in the form of halves of a hollow cylinder having overlapping hinge flanges 22 and 23 at the edges thereof, which are joined by hinge pins 60 permit the two sections to be spread apart. Adjacent the lower end of the mold M in each section 20 and 21 is an inwardly projecting shoulder 24 forming an annular support for the flange 12 on the cylinder barrel. A tapering opening 25 is also provided for receiving the lower end of the cylinder barrel 10.

The cylinder barrel 10, still wetted by the molten aluminum, or aluminum base alloy, is placed in the mold M with an asbestos washer 28 interposed between the flange 12 thereon and the shoulder 24 in the interior of the mold. Molten aluminum can then be poured into the upper

end of the mold between its wall and the outer wall of the wet cylinder barrel 10 to produce a muff 30 which is bonded securely to the cylinder barrel 10 by the alloy bond described above.

The casting may be cooled by blowing air through the interior of the cylinder barrel 10, or quenched in oil, and when the aluminum is hardened, the mold may be split to permit removal of the cylinder barrel.

Thereafter the aluminum muff 30 on the barrel may be machined in any suitable way to cut slots therein and to remove unwanted portions thereof to form cooling fins 11 which are bonded tightly to the cylinder barrel, and thus are capable of quick and efficient transmission of heat for cooling purposes.

If desired, prior to machining of the muff 30 on the cylinder barrel, the article may be transferred to a holding furnace for tempering purposes and thereafter quenched in oil to temper it.

It will be understood that the temperatures of the various baths and the times of treatment of the articles being coated and hardened will vary considerably, depending upon the size of the article, and hence its rate of heat transfer, and the type of metal undergoing treatment. However, it has been found that the most satisfactory temperatures for most types of steel in the initial alloying and coating bath will lie in the range between 1525 and 1625° F. The time of immersion in this bath varies widely. For example, in coating wire it has been found that a few seconds are oftentimes sufficient to successfully form a strong ferro-aluminum bond, whereas larger articles may require as much as ten minutes or even more to heat the surface to be coated to the alloying temperature necessary to form a satisfactory bond.

The quenching temperature also may be varied, depending upon the type of crystalline structure to be formed in the metal, but we have found that a temperature between 1000° and 1250° F. is, in most instances, satisfactory for the treatment of steels. The duration of the quenching step will, of course, vary considerably, depending upon the size of the article and the rate at which the heat can be removed therefrom. Ordinarily, with a cylinder barrel of the type described above, a quenching period of one-quarter to five minutes has been found to be entirely satisfactory.

As illustrated diagrammatically in Fig. 6, the sequence of steps of the process may be varied slightly when our process is used only in the heat treatment of steel. As shown in this diagram, the article, for example, a piece of steel, is raised in temperature to between about 1575° and 1625° F., then quenched at about 1100° F. in an aluminum-silicon alloy bath. The quenched article is then quenched in oil, drawn at about 1000° F., and quenched again in oil. Optionally, depending upon the hardness and other physical properties required, the article may be placed in a draw furnace, after the first quench in the second bath, for a suitable period, followed by an oil quench. This is indicated by the dotted curve of Fig. 6.

The high heat conductivity of aluminum at the temperatures involved (1.01 at about 1110°) and the high specific heat of aluminum (.2683) provides a particularly rapid quenching and heat dissipating action and thus allows accurate control of the heat treating operation.

From the foregoing disclosure of the present invention, it will be clear that we have provided

a simple and most effective method of coating articles with aluminum and, if desired or required simultaneously heat treating such articles to produce a high hardness with adequate toughness to withstand the rigorous treatment afforded such articles as cylinder barrels for aeronautical engines, notwithstanding the high temperatures and widely different coefficients of thermal expansion of the aluminum and the steel.

It will be understood from the foregoing that the process disclosed herein is susceptible to considerable variation in the temperatures and times of treatment, depending upon the characteristics of the articles being treated, its composition, and the physical characteristics desired in the finished products. Therefore, the embodiment of the invention disclosed herein should be considered as illustrative only and not as limiting the scope of the following claims.

We claim:

1. A method of directly coating a ferrous metal article with aluminum-containing metal of the class consisting of aluminum and aluminum base alloys, which comprises heating the surface of said article to be coated to a temperature not materially in excess of 1625° F. and above the melting point of said aluminum-containing metal to cause the ferrous metal of said surface to alloy with the said aluminum-containing metal in contact therewith in the molten state, maintaining said heated ferrous metal surface of the article and said molten aluminum-containing metal in contact with each other for a period of time only sufficient to form a film of ferro-aluminum alloy at the interface between them and an initial coating of said aluminum-containing metal on said alloyed surface of the article, casting between said initial coating and a mold spaced therefrom a layer of molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum base alloys while said initial coating and said surface are at a sufficiently high temperature for said surface to be wetted by said initial coating, and freezing said coating and layer on said surface whereby said coating and layer are united to form a single coating of said aluminum-containing metal of the required thickness integrally bonded to said surface of the article through said ferro-aluminum alloy.
2. A method of coating metals which comprises immersing a ferrous metal article in a bath of molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys at a temperature and for a time sufficient to form a ferro-aluminum alloy film on the surface of said article, immersing said article without cooling in a bath of molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys maintained at a lower temperature than said first bath to arrest alloy formation, to clean the surface of said film and form a molten coating on said article, and thereafter casting a molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys on said coated surface while the surface of said article is still wet with said molten metal from said second bath.
3. A method of coating metal with an aluminum-containing metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys, which comprises contacting a ferrous metal article with molten aluminum containing metal at a temperature between about 1525° and about 1625° F. for a period of time sufficient to form a film of ferro-aluminum alloy on the surface of said article, immersing said article without substantial cooling and while wet with molten aluminum containing metal in a bath of an aluminum-silicon alloy maintained at a temperature between about 1000° F. and about 1250° F. to cool said article, arrest further alloy formation and clean the surface of said film, and subsequently applying to the surface of said article while at substantially the latter temperature a coating of molten aluminum containing metal, and cooling said article.
4. The method of coating a ferrous metal engine cylinder barrel with a layer of an aluminum containing metal having greater thickness than the barrel wall, which comprises immersing the barrel in a bath of metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys at a temperature and for a time sufficient to form a film of ferro-aluminum alloy on said barrel, transferring the barrel without substantial cooling to a second bath of a molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys maintained at a lower temperature than the first bath to arrest further formation of the ferro-aluminum alloy and clean the surface of said alloy film, transferring the barrel without substantial cooling into a mold, and immediately casting a layer of metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys on the wetted surface of said barrel to form the layer thereon.
5. The method of coating a ferrous metal engine cylinder barrel or the like with a layer of an aluminum-containing metal of the class consisting of aluminum and aluminum base alloys, said layer having greater thickness than the barrel wall, which comprises immersing the barrel in a bath of a molten aluminum containing metal at a temperature and for a time sufficient to form a ferro-aluminum alloy film on the barrel, transferring the barrel without substantial cooling to a second bath of an aluminum containing metal at a lower temperature than the first bath to arrest further formation of the alloy, transferring the barrel without substantial cooling into a mold, immediately casting a layer of an aluminum containing metal on the wetted surface of said barrel to form the layer thereon, and cooling the barrel interiorly while the aluminum containing metal layer is freezing to induce substantially uniform radial contraction thereof.
6. A method of coating a ferrous metal article with aluminum or aluminum alloys, which comprises forming an initial molten surface coating of a metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys on the ferrous metal article by immersing said article in a bath of the molten metal and maintaining said article in contact with said bath for a period of time at the bath temperature only sufficient to form a ferro-aluminum film at the interface of said bath and said article and heat said article to above the melting point of the coating metal, and then casting a molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum-base alloys on said initial coating while said coating and article are at a sufficiently high temperature for said coating to be molten and to be wetted by said casting metal to form a permanent bond therewith.
7. A method of directly coating a ferrous metal article with aluminum-containing metal of the class consisting of aluminum and aluminum base alloys, which comprises heating the surface of said article to be coated to a temperature not materially in excess of 1625° F. and above the melting point of said aluminum-containing metal to cause the ferrous metal of said surface to alloy with the said aluminum-containing metal in con-

tact therewith in the molten state, maintaining said heated ferrous metal surface of the article and said molten aluminum-containing metal in contact with each other for a period of time only sufficient to form a film of ferro-aluminum alloy at the interface between them and an initial coating of said aluminum-containing metal on said alloyed surface of the article, casting between said initial coating and a mold spaced therefrom a layer of molten metal of the class consisting of aluminum and aluminum base alloys when said initial coating and said surface are at a tem-

perature within the melting range of said initial coating, so that said initial coating and said layer of molten metal will unite, and freezing said coating and layer on said surface whereby said coating and layer form a substantially homogeneous coating of said aluminum-containing metal of the required thickness integrally bonded to said surface of the article through said ferro-aluminum alloy.

MARSHALL G. WHITFIELD,  
VICTOR SHESHUNOFF.

March 19, 1946.

M. G. WHITFIELD ET AL

2,396,730

COATING METALS

Filed Oct. 24, 1941

2 Sheets-Sheet 1

FIG. 1.

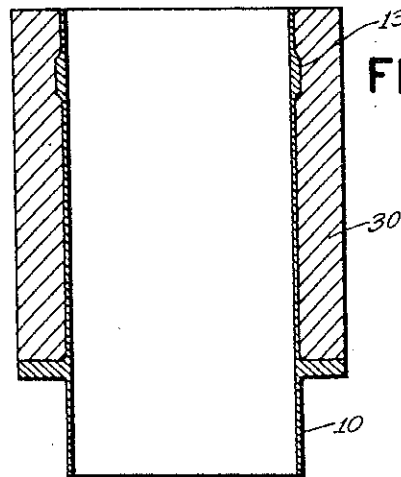
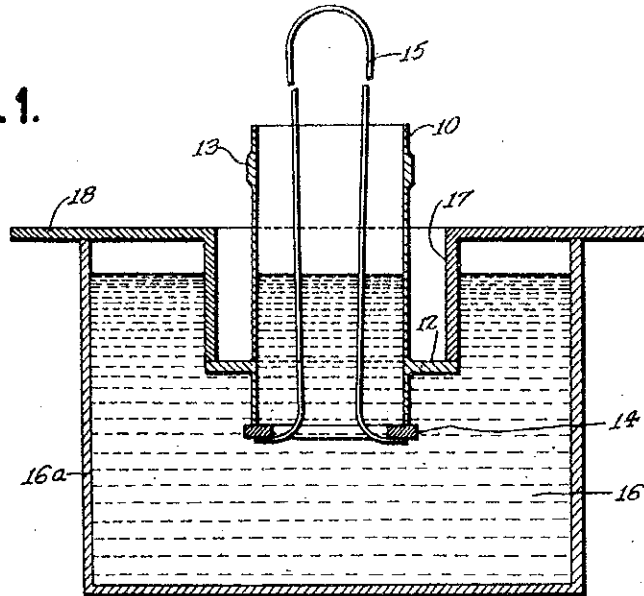


FIG. 4.

FIG. 5.

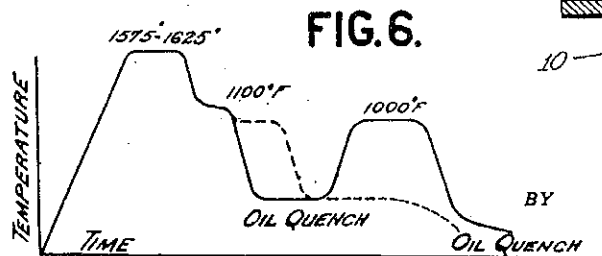
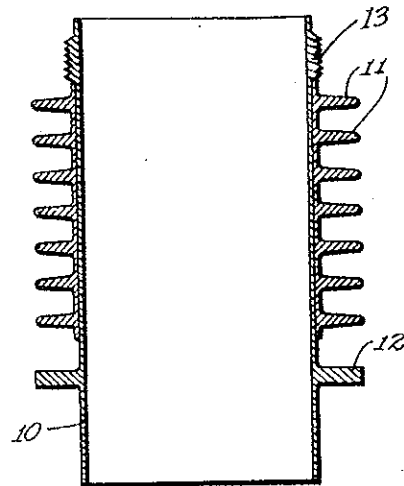


FIG. 6.

INVENTORS  
MARSHALL G. WHITFIELD  
VICTOR SHESHUNOFF  
BY  
*Hogart, Gray & Campbell*  
ATTORNEYS

March 19, 1946.

M. G. WHITFIELD ET AL

2,396,730

COATING METALS

Filed Oct. 24, 1941

2 Sheets-Sheet 2

FIG. 2.

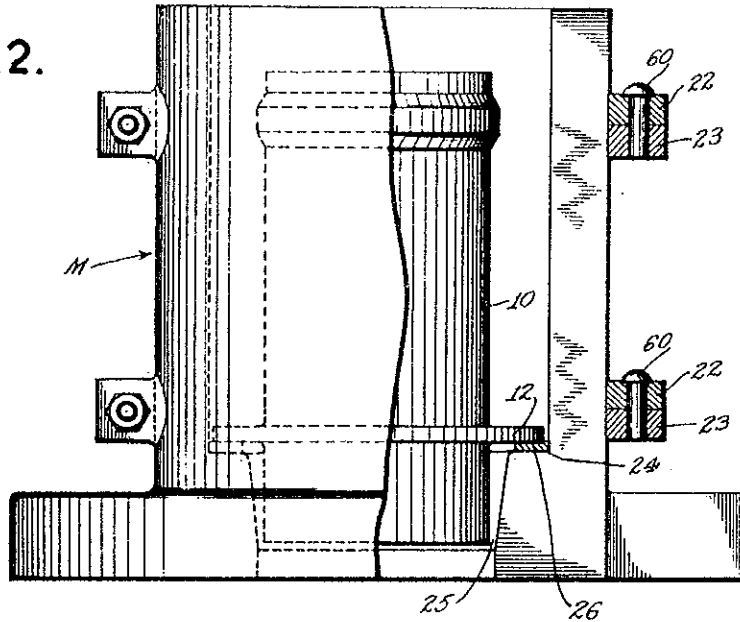
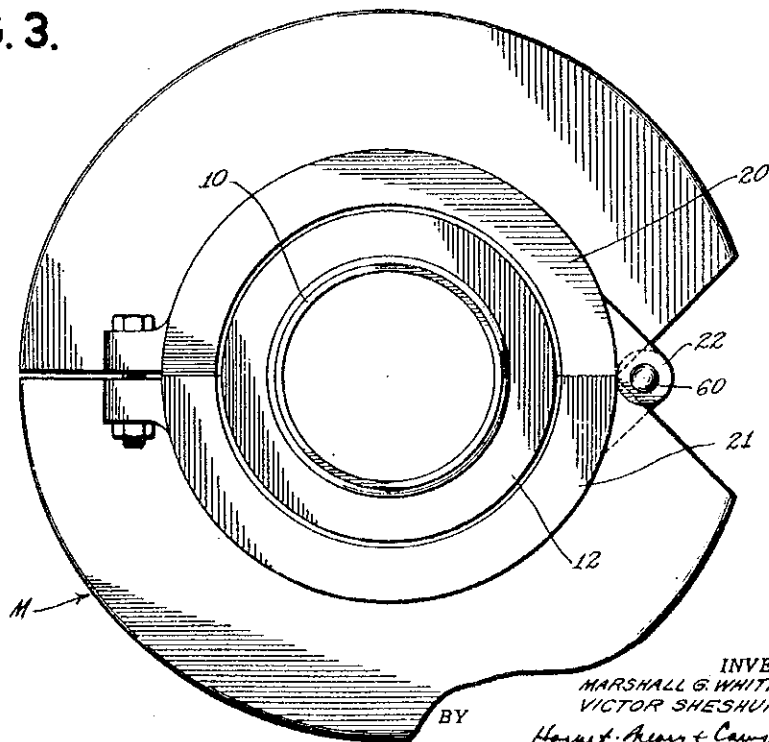


FIG. 3.



INVENTORS  
MARSHALL G. WHITFIELD  
VICTOR SHESHUNOFF  
BY  
*Haynes, Avery & Campbell*  
ATTORNEYS.











JICA