

氏 名	細 川 一 夫 ほそ かわ かず お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第1218号
学位授与の日付	昭 和 54 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	炭酸塩を含む熱浴による鉄鋼表面の拡散浸透処理に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 田 村 今 男 教 授 足 立 正 雄 教 授 森 山 徐 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は従来の浸炭・窒化処理に比して硬さがはるかに高い表面層を鉄鋼表面に生成することを目的とし、従来ほとんど不可能とされていた諸元素をも熱浴によって拡散浸透するために炭酸塩の使用がきわめて有効であることを見出し、それを利用して拡散浸透するための諸条件を確立し、生成される表面層および炭酸塩の効果と役割を究明した結果をまとめたもので、8章からなっている。

第1章は緒論で、鉄鋼の表面硬化法としての拡散浸透処理に関する従来の研究をまとめ、それらの問題点を明らかにし、炭酸塩を熱浴成分とした動機と本研究の目的と意義について述べている。

第2章では、鉄ほう化物の硬さが Hv 1600~2000(FeB) であることに着目し、従来のほう化処理を改良し、ほう素と炭素を同時に拡散浸透する炭ほう化処理について述べている。すなわち、中性塩とほう素供給源（フェロボロンなど）からなる熱浴では鋼表面に鉄ほう化物が生成されないが、炭酸塩を含有する熱浴では FeB および Fe₂B の層が生成され、さらに、炭素の拡散浸透も行なわれ、鉄ほう化物層の内側に浸炭層が生成されることを示している。中性塩にはほう素供給源がほとんど溶解しないのに対し、炭酸塩熱浴には可溶であることを理由としてあげている。

第3章では、前章の2元素同時拡散浸透機構の応用として、けい素と炭素を同時に拡散浸透させる炭けい化処理について述べている。鋼表面に比較的無孔の浸けい層（けい素濃度は最表面で約12%）を、その内側に浸炭層を生成し、その浸けい層は、炭酸塩として Na₂CO₃ を使用した場合 DO₃ 型、K₂CO₃ では B2 型の規則格子構造をもつことを示している。

第4章では、バナジウムの拡散浸透処理を検討し、元素供給源のフェロバナジウムは中性塩に多量に溶解し、鋼最表面に V₂C、その内側に VC の層を、さらにその内側にα固溶体層を生成する。炭酸塩を使用すると VC 層のみとなる。バナジウム炭化物層の厚さは同一処理条件では鋼中の炭素含有量の増大とともに増大し、熱浴からの炭素の供給はほとんど考へられない。さらに、炭化物層の成長速度は処理初期では直線則であるが、処理時間が長くなると放物線則となる。VC および V₂C 層の硬さはそれぞれ Hv 2300~2800, 2000~2200 であることなどを示している。

第5章では、ニオブの拡散浸透について検討し、元素供給源のフェロニオブは中性塩浴へはほとんど溶解しないため、鋼表面には炭化物層も固溶体層も生成しない。炭酸塩熱浴を用いるとその溶解量が増加し、たとえば、SK5 鋼の 1000℃ 5 時間の処理で約 13 μ m の厚さの NbC 層が生成される。同一条件では鋼の炭素量が多いほど NbC 層の厚さは増大するが、純鉄表面にも NbC 層が形成されるので、熱浴からもある程度の炭素の供給があるものと考えられることを示している。また、NbC 層の硬さは Hv3500~4500 で、TiC の硬さに匹敵することを述べている。

第6章では、WC 層を鋼表面に生成するために、タングステンの拡散浸透処理について検討し、中性塩とフェロタングステンからなる熱浴では M_6C 型炭化物層が生成され、炭酸塩を含有する熱浴では初期に M_6C 層が生成されるが、処理時間の増大とともに WC 層が生成されることを述べている。WC 層は Hv 1100~1400 で、 M_6C 層は Hv660~760であることを示している。

第7章では、炭酸塩の役割について考察し、炭酸塩を含む熱浴および中性塩浴への元素供給源の溶解量を間接的に測定し、炭酸塩を含む熱浴では溶解量は多くなり、特に Na_2CO_3 と K_2CO_3 が有効であることを示している。しかし、フェロバナジウムに限り、中性塩浴の方が溶解量が大きく、これらの溶解量の大小と処理表面被膜厚さとがきわめてよき相関関係にあることを示している。また、炭酸塩は処理温度では熱解離していることを確かめ、最も熱解離度の大きいのは Na_2CO_3 で、熱解離度の大小と浸炭量とがきわめてよき相関関係にあることを示し、その浸炭機構は炭酸塩の熱解離によって生成される CO_2 と、B または Si とが反応して CO を生成することに原因することを考察している。従って、炭酸塩を含む熱浴では、熱浴への元素供給源の溶解量、炭酸塩の熱解離度および元素供給源と炭素塩との量比によって、たとえばけい素のみ、炭素のみあるいはけい素と炭素とが同時に拡散浸透することを明らかにしている。

第8章は本論文の総括である。

論文審査の結果の要旨

鉄鋼製機械部品や工具などの表面は耐摩耗性向上のために高い表面硬さが要求される。本論文は従来の浸炭・窒化処理に比して高い硬さをもつ表面層を鉄鋼表面に生成することを目的として、従来ほとんど不可能とされていた諸元素をも熱浴によって拡散浸透するために炭酸塩の使用がきわめて有効であることを見出し、それを用いて拡散浸透するときの諸条件と生成される表面層および炭酸塩の効果と役割について研究した結果をまとめたもので、得られた主な成果を要約すると次のとおりである。

(1) 中性塩とほう素供給源（フェロボロンなど）の粉末からなる熱浴ではほう素はほとんど浸透しないが、炭酸塩を混合すると FeB (Hv1600~2000) および Fe_2B (Hv1000~1400) の層を生成し、しかもこれらの層の内側に浸炭層も生成することを認め、さらに、このようなほう素と炭素を同時に拡散浸透する炭ほう化処理法と2元素同時拡散浸透機構について検討すると同時に、シアン化物を含まない液体浸炭法を提案した。

(2) 前項と関連して、けい素と炭素を同時に拡散浸透する炭けい化処理法について検討し、浸炭層の上に耐食性、耐熱性の優れた浸けい層を生成することに成功し、この浸けい層は Na_2CO_3 を用いたときは DO_3 型、 K_2CO_3 では B_2 型の規則格子構造をもつことを示した。

(3) 鉄ほう化物より硬い炭化物層を鋼表面に生成するために、炭化物生成傾向の強い V, Nb, W などの拡散浸透に成功した。バナジウム炭化物層の生成に関しては、中性塩浴では最表面に V_2C (Hv2000~2200), その内側に VC (Hv2300~2800) の層が生成され、炭酸塩浴では VC 層のみとなる。ニオブ炭化物層については、中性塩浴では炭化物層は生成されないが、炭酸塩浴では NbC (Hv 3500~4500) 層が生成される。タングステン炭化物層については、中性塩浴では M_6C 型炭化物層 (Hv 660~760) が、炭酸塩浴では WC (Hv 1100~1400) 層が生成される。これらの炭化物層生成のための炭素は主として鋼内部から供給され、層の成長速度は初期では直線則が、長時間になると放物線則が成立し、鋼中炭素の拡散が律速していることを明確にした。

(4) 炭酸塩の役割は元素供給源粉末の熱浴への溶解量を増大することおよび浸炭のための炭素供給源となることであり、熱浴への浸透元素供給源の溶解量、炭酸塩の熱解離度、炭酸塩と元素供給源との量比によって鋼表面に生成される表面層の組成および層の厚さが大きく影響される。炭酸塩としてはアルカリ金属炭酸塩、特に Na_2CO_3 および K_2CO_3 が有効であることを示した。

(5) 熱浴による拡散浸透は元素供給源の粉末と鋼表面とが直接接触して、固相間拡散を行なうのではなく、熱浴中に溶解している元素が鋼表面と反応し、拡散浸透することを示した。

以上要するに、この論文は、鋼表面の耐摩耗性を向上するために、従来の浸炭・窒化処理よりも硬い表面層を鋼表面に生成することを目的として、炭酸塩を含む熱浴によって、従来ほとんど行なうことができなかった諸元素を鋼表面に拡散浸透し、非常に硬い表面層を生成することに成功するとともに、2元素同時浸透法などの熱浴による拡散浸透処理の進歩に有用な新しい知見を与えたもので、工業上は勿論学術上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。