

NACHI-BUSINESS

Materials **news**

Vol. **9** D1
November/2005

マテリアル事業

■ 技術講座

知りたい材料・熱処理講座⑥

「浸炭と窒化」

Things to Know about Material and Heat Treatment
"Carburizing and Nitriding"

〈キーワード〉 浸炭・浸炭窒化・窒化・
真空浸炭・高濃度浸炭

クリーンサーモ事業部

原井 哲 Satoshi Harai

監修 開発本部／開発三部

天野 宏地 Hirokuni Amano

要 旨

浸炭や窒化は、低炭素鋼の表面から炭素や窒素を浸透させて、炭素や窒素濃度を高めてから焼入れすることによって、高い表面硬さが得られる熱処理方法です。

表面付近に硬い層を作り、内部は低炭素で硬さが低く、比較的靱性の高い材料を得ることができます。処理条件を変えることによって、表面の炭素や窒素の量が変わり、表面の硬さやその深さを変えることができます。

表面硬さの向上、耐摩擦性、耐ピッチング性の向上、耐疲れ強さ、耐焼付き性の向上などの特徴を出すことができ、高速回転軸、摺動用部品、強力歯車、建設機械部品などに広く利用されています。

Abstract

Carburizing and nitriding are types of heat treatment in which low-carbon steel is hardened after it is either carburized or nitrided to increase its carbon or nitrogen content; as a result higher surface hardness can be achieved. Relatively higher toughness in material is achieved as a hard layer is created near the surface, contrary to the lower hardness of low-carbon steel inside. The carbon or nitrogen content of the surface can be modified by changing the process conditions, so the surface hardness and the depth can be changed. Achieved are various features such as improved surface hardness, lesser pitting, wear and seizing resistance and higher durability. Therefore, carburizing and nitriding are widely used in the production of high-speed, rotating shafts, sliding parts, heavy-duty gears and parts for construction machines.

1. 浸炭とは

浸炭や窒化は、鋼の表面に炭素または窒素を拡散浸透させる熱処理方法で、その後、焼入れ焼もどしをすることにより、高い表面硬さが得られます。

炭素も窒素も、鋼の内部には侵入型で拡散しますが、炭素の方が原子量が小さいので、比較的簡単に深く入り込むことができます。窒素は原子量が大きい分、炭素ほど深くは侵入しませんが、結晶に大きなひずみを与えるため、高い硬さが得られるのが特徴です。

鋼を焼入れしたときに得られる最高の硬さは、炭素鋼や低合金鋼においては、合金原素の量の多少にはあまり影響されず、主として炭素の含有量によって決定されてしまいます。例えば、0.05%炭素鋼では、最高20HRC程度の硬さしか得られませんが、炭素量が増えるにつれて最高硬さも高くなり、0.6%炭素鋼のもので65HRCくらいの硬さが得られます。しかし、0.85%炭素を越える高炭素鋼になりますと、焼入れしたときの残留オーステナイトが増加して、むしろ最高硬さが低下するようになります。

鋼を焼入れしたときの硬さは、このように炭素の含有量で決まってしまうから、焼入れしても硬さの得られないような低炭素鋼において、硬さを上げようとするば、炭素の含有量を増やしてやればよいはずですが、そこで考えられたのが、低炭素鋼の表面から炭素を浸透させて、炭素濃度を高めてから焼入れすることによって、表面付近に硬い層を作り、内部は低炭素で硬さが低く、比較的靱性の高い材料を得ることです。このように、低炭素鋼の表面から焼入れに十分な炭素を浸透させることを浸炭といい、広く利用されている表面処理方法の1つです。

浸炭して、焼入れ焼もどしを行なった場合には、マルテンサイト変態による体積変化が部分によって違ってきます。つまり、炭素量の多い表面層が最も膨張量が大きく、中心部に向かうにしたがって小さくなりますから、心部には引張り、表面層には圧縮の残留圧縮応力を生じることになります(図1)。表面に残留応力がある場合には、疲れ強さを向上させることができます。

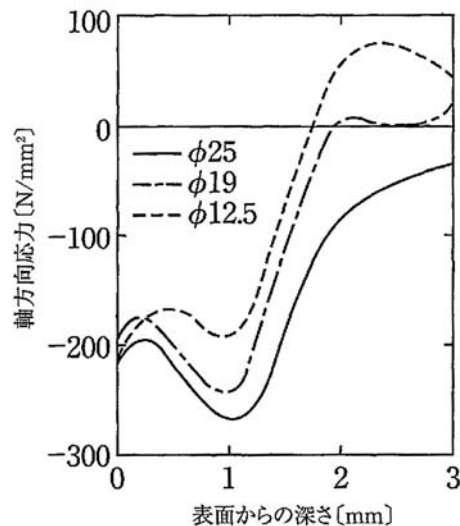


図1 浸炭部の残留応力分布

2. 浸炭処理の特徴

浸炭は、以上のようにマルテンサイトの高い硬さと、表面の圧縮応力などを利用して、優れた耐摩耗性、耐疲れ強さを与える表面処理方法です。この浸炭の特徴を箇条書きにすれば、次のようになります。

- (1) 後述する表面焼入れ法と違って、形状の制限を受けない。複雑形状の小型部品の大量処理が可能である。
- (2) 作業標準がしっかりしていれば、熟練は必要とせず量産に対応できる。
- (3) 表面焼入れのときに起きる硬化層直下の熱影響部の問題(調質材ではソフトゾーンができる)がない。
- (4) 局部浸炭は、銅めっきなどで防炭することで可能であるが、非浸炭部に熱影響を与えないということは一般に困難である。

※1

- (5) 異常組織を避けるため、キルド鋼が使用され、その上、心部は0.2%以下の炭素鋼であるから、きわめて韌性に富む。
- (6) 結晶粒の粗大化に注意する必要があるが、通常の浸炭温度ではほとんど問題になることはない。高温(1,000~1,050°C)での浸炭にも耐える高温浸炭用鋼などを使用することで、より迅速な浸炭ができる。
- (7) 大型部品では焼入れ性を考慮する必要があり、合金鋼(はだ焼用構造用合金鋼)を使用しなければならない。そのため、材料コストは表面焼入れに比べて高くなるのが一般的だが、品質水準の高いものが得られる。

以上のような特徴をもった表面処理法です。

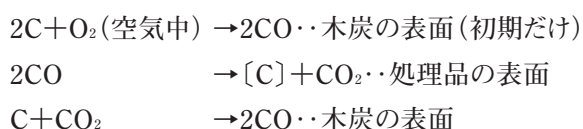
4. 浸炭の方法

さて、浸炭についていろいろ説明してきましたが、これらの浸炭を行なう方法としては、①固体浸炭、②液体浸炭、③ガス浸炭、④真空浸炭、⑤イオン浸炭などがあります。

それぞれの方法について簡単にお話ししましょう。

1) 固体浸炭法

処理品を浸炭箱に入れ、その周囲を浸炭剤で満たしてふたをします。それから850～950℃の温度で適当な時間加熱し、冷却してから処理品をとり出します。浸炭剤としては、主として木炭を使用し、浸炭促進剤として炭酸バリウム(BaCO₃)などを加えます。浸炭処理で起こる科学反応は、次のようなものと考えられます。



浸炭箱中に存在した空気中の酸素と木炭とが反応してCOを生じ、このCOが鋼材表面で分解して生じたCは鋼材の表面に浸透拡散します。CO₂は木炭表面で再びCOとなり、以下同じような反応を繰り返します。この反応の繰り返しによって浸炭作用が進行します。

このように固体浸炭法とはいっても、処理品と木炭の接触面での拡散によるものではありません。実際の浸炭作用はCOガスによって行われるのですから、浸炭箱中にO₂がなければCOは発生しないため、浸炭作用もすすみません。

2) 液体浸炭法

一般には、処理品をシアン化ナトリウム(NaCN)やシアン化カリウム(KCN)のようなアルカリ金属シアン塩の浴中に浸漬し、塩浴中のCNイオンが空気中のCO₂と反応してできる発生期の原子状炭素(C)と原子状窒素(N)を、表面から浸入させる浸炭法です。厳密に言えば、炭素と同時に窒素も入りますから、浸炭窒化法の1つです。液体素浸炭法はカーボンポテンシャルの調整ができないことのほかに、シアンの公

害が問題となって、排水処理の不完全な場所では使用できず、ほとんど実施されることはありません。

3) ガス浸炭法

これは最も広く利用されている浸炭法です。特徴は、大量生産、自動化が可能で、処理品表面の炭素濃度を調節することができます。

使用される浸炭性ガスは、一般には天然ガス、石油ガスを一定割合の空気と混ぜて、加熱分解変成させて作られます。このガスを吸熱形ガスと呼んでいます。表1に各種原料ガスから変成された吸熱型ガスの組成を示します。

浸炭温度は一般に900～930℃とされていますが、浸炭深さなどに応じて適当に変えています。例えば浸炭深さを浅くするために900℃以下の温度で処理したり、浸炭時間を短縮するために、1,000℃付近で処理したりする例もあります。図3に浸炭温度と浸炭深さの関係を示します。

表1 各種原料ガスにより変成されたガス組成 [%]

原料ガス	一酸化炭素 CO	水素 H ₂	窒素 N ₂	メタン CH ₄	二酸化炭素 CO ₂
プロパンガス	20	30～40	40～50	0.2～2	0.0～
都市ガス	20～25	40～45	25～35	0.1～1.0	0.0～
天然ガス	20	40	40	0.2～2	0.0～
木炭ガス	30～35	1～7	40～50	0～0.5	0.5～

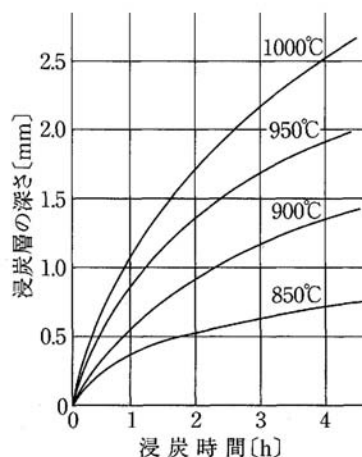
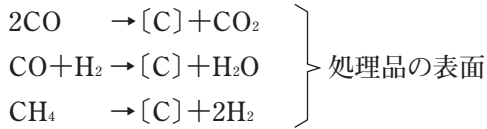
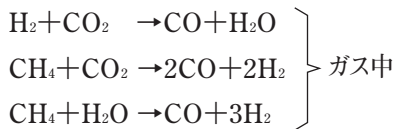


図3 浸炭温度と浸炭深さ

このガス浸炭は、次のような化学反応によって行なわれると考えられています。



これらの反応に伴って、次のような副反応が起こります。



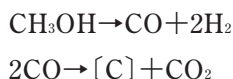
処理品の表面炭素量は、処理温度とガス組成、処理品の材質によって決まりますが、実際の処理過程での表面の炭素量を管理するには、ガスの露点を測定する。赤外線分析によってガス中のCO₂を測定する。炉内のO₂分圧を測定する。あるいは直接カーボンポテンシャルを測定するなどして、ガス組成の調整を行ないます。

ガス組成を変えることによって、表面の炭素量を調整することができます。浸炭時間を短縮するために、初期にはカーボンポテンシャルの高いガス組成を使用してセメンタイトを生ずるような浸炭を行なって内部への炭素の拡散を早め、その後、カーボンポテンシャルを0.8～0.9%にあわせることによって、表面付近も正常な炭素量にする方法もとられています。これが拡散処理といわれるものです。後で、表面のカーボンポテンシャルを下げ、最終的に希望する炭素の分布にするわけです。

4) 滴下式ガス浸炭法

浸炭の機構は、ガス浸炭とまったく同じですが、その中に滴下式ガス浸炭法というのがあります。

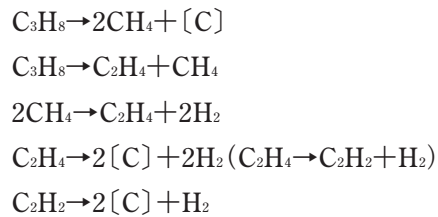
浸炭ガスの製法で、ガス浸炭と呼ばれるものは、天然ガス、石油ガスを原料として、空気と混合し加熱分解して作るのに対して、この滴下式といわれるものは、アルコール類やグリセリン、酢酸メチルなどの有機液体を直接浸炭炉内に滴下して、熱分解したときに発生する一酸化炭素(CO)、水素(H₂)を主体としたガスで浸炭する方法です。その分解反応の例を示しますと、次のようになります。



このとき発生するガスの組成は、滴下する有機液体の種類、滴下量、温度によって決まります。この方法の特徴としては、①変成炉を必要としないので、設備費が安価であること、②間欠操業を経済的に行なうことができる、などがあげられます。

5) 真空浸炭

真空浸炭とは、炉内の雰囲気をも10kPa以下まで減圧して、浸炭ガスとして炭化水素系のガス(例えばメタン、プロパン、エチレン、アセチレンなど)を直接炉内に装入して、ガスが鋼の表面に接触して分解する、活性な炭素によって浸炭する方法です。真空浸炭での各種炭化水素系ガスの炭素供給の反応は、メタンやプロパンからの直接の分解炭素ではなく、その処理温度で分解・生成したエチレン、アセチレンなどの不飽和の炭化水素からの炭素によると考えられます。



これらの炭素が鋼の表面で反応して、鋼に炭素を供給するものと思われます。

真空浸炭では、使用する各種炭化水素系ガスによる鋼表面での炭素供給能力は、処理する温度、圧力によって多少の差異はあります。しかし供給量が十分であれば、瞬時に鋼の全表面にFe₃Cを形成し、そこから炭素が内部に向かって拡散していくと考えられます。このことから鋼表面にFe₃Cが形成された直後から、Fe₃C層直下の鋼の炭素濃度は、その鋼のその温度における飽和炭素濃度になります。

つまり、真空浸炭では浸炭処理中の拡散は、最大の濃度(Acm飽和)勾配での拡散律速になります。浸炭処理での浸炭時間、浸炭温度、浸炭深さの関係は

$$D = k\sqrt{T}$$

D:浸炭深さ[mm] k:浸炭温度係数
T:浸炭処理時間(浸炭時間(t_c) + 拡散時間(t_d))[Hr]

で表わします。

真空浸炭で炭素が拡散律速の場合には、

(1) 同一温度では、浸炭時間 (t_c) と拡散時間 (t_d) の比が一定なら、表面の炭素濃度 (C_s) は常に同じである。

(浸炭処理時間 $T = t_c + t_d$)

(2) t_c と t_d の比が一定であれば、全浸炭深さおよび有効浸炭深さと \sqrt{t} の間には比例関係が成り立つ。という規則性があります。

表2および図4に有効浸炭深さ位置の炭素量を0.3%Cとした場合の、浸炭深さと処理時間の関係と、そのときの浸炭温度係数 k を示します。処理温度が同じ930°Cでも、真空浸炭ではガス浸炭に比べて炭素濃度勾配が大きい分だけ温度係数が大きく、速く浸炭することができます。また、浸炭温度を高くすれば、温度係数が大きくなり、より速く浸炭することができます。同じ浸炭深さを得るのには、処理温度を高くすると非常に有効です。

真空浸炭は、ガス浸炭の場合のように、浸炭用のジグ類や炉内の構造物は、高温になっても酸化損

傷することがありません。一般には、1,050°C程度まで問題なく常用できることも利点の1つです。

鋼を高温に保持すれば、当然真空浸炭でも結晶粒の粗大化が起こって、処理品質上の問題になることがあります。結晶粒の粗大化したものは、いったん変態点以下まで徐冷して結晶粒を微細化し、再加熱して焼入れします。

真空浸炭では、雰囲気にも使用ガスにも酸素や酸化性ガスであるCO、CO₂、H₂Oなどをまったく使用しません。ですから、ガス浸炭に見られるようなオーステナイト結晶粒界でSi、Mn、Crなどが10~20 μ mの深さまでに酸化する、粒界酸化の現象は皆無です。そのため、表面欠陥のない、機械的性質に優れた浸炭処理ができ、後工程でのショットピーニングなどの改質処理が不要です。

真空浸炭とガス浸炭処理品での表面付近の粒界の状況を図5に示します。また、真空浸炭とガス浸炭処理品での、曲げ疲労試験の結果を図6に示します。

表2 各温度における有効浸炭深さの温度係数 (0.3%Cの位置を有効浸炭深さとした)

温度 [°C]		温度係数 [k]
ガス浸炭	930	0.45※
真空浸炭	930	0.53
	980	0.78
	1040	1.05

※ガス浸炭の場合のkは一般によく使用される値で、当然、浸炭期のカーボンポテンシャルによって決まる値

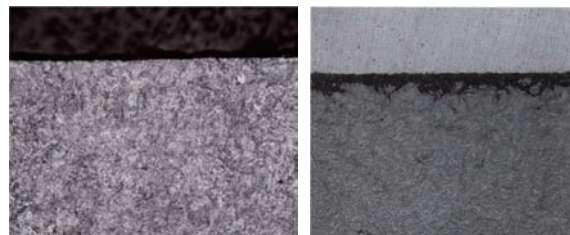


図5 粒界酸化の状況 (左:真空浸炭、右:ガス浸炭)

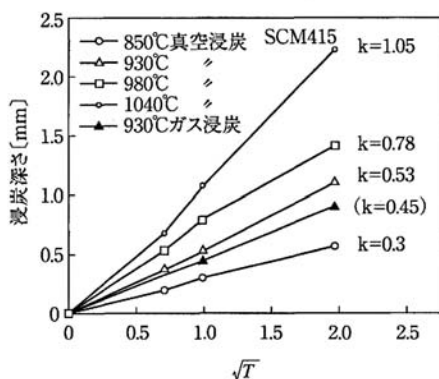


図4 浸炭時間と深さの関係

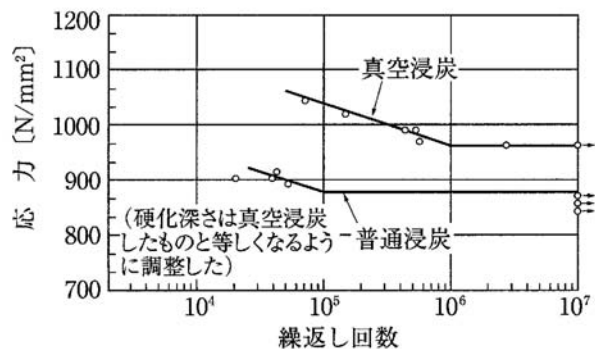


図6 真空浸炭したSNM420Hの回転曲げ疲労試験

真空浸炭では、減圧下の加熱のために処理品の温度分布がよい。処理品のすべての部分が規定温度に達してから浸炭を開始する。さらに、減圧下なので浸炭ガスの狭部侵入性に優れていることなどから、浸炭深さのばらつきの少ない、均一な浸炭ができるという利点があります。一般に同一浸炭品のロット内、ロット間の深さのばらつきは、高くなった部分から浸炭が進むため±0.2mm程度であるのに対し、真空浸炭ではどの部分も同時に浸炭を開始しますから±0.05mm程度です。これが、実際の浸炭処理時間の短縮につながるのです。

ガス浸炭では、処理品表面の炭素量と平衡する雰囲気浸炭能力は、ガスの組成と温度で決まります。真空浸炭では、浸炭ガスを供給している間は表面にFe₃Cの薄層が形成されていて、その直下は処理温度でのAcm飽和の炭素量になってその能力で浸炭されます。規定の炭素量に達したら浸炭ガスの供給を止め、真空中で処理品内部に向かってだけ、炭素の拡散が行なわれ、深さと表面の炭素濃度を調整します。浸炭深さは温度と時間だけで決まります。炭素濃度分布の調整例を図7に示します。

真空浸炭には、以上のような品質上の利点のほかに、

- (1) 真空中での処理で、エネルギー効果が高い。
- (2) 二酸化炭素を排出しない。
- (3) 火災、爆発の危険が皆無で、完全無人化操作ができる。

などの特徴もあります。

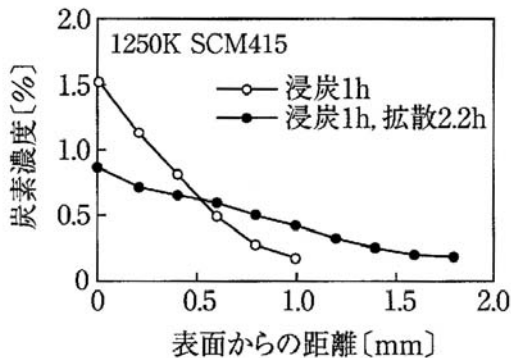


図7 炭素濃度分布の調整

6) 高濃度浸炭

通常の浸炭処理によって得られる組織は、炭素量0.8%程度のマルテンサイト組織です。これに対して高濃度浸炭(高炭素浸炭)は強制的に炭素量を多くして、マルテンサイト組織中に多量の粒状の金属炭化物を析出させる方法です。この方法はI.C法とか、C.D法と呼ばれることもあります。硬さが高く、強さ、耐摩耗性に優れた性質の鋼が得られます。

高濃度浸炭された鋼には、①高い表面硬さ(>900HV)が得られる。②耐摩耗性、耐ピッチング性が向上する。③耐疲れ強さ、耐焼付き性が向上する、④焼もどし温度抵抗が向上する、などの特徴があり、高速回転軸、摺動用部品、強力歯車、建設機械部品などに積極的に利用されています。

過剰の炭素を供給して炭化物を多量に作るには、浸炭時にAcm飽和炭素量以上の濃度で炭素を供給する必要があります。ガス浸炭では煤(すす)発生が激しく処理は困難でしたが、真空浸炭の方法を利用することで、容易に高濃度の炭素を供給できるようになりました。通常の浸炭鋼(SCM420)に高濃度浸炭処理をした組織を図8に示します。

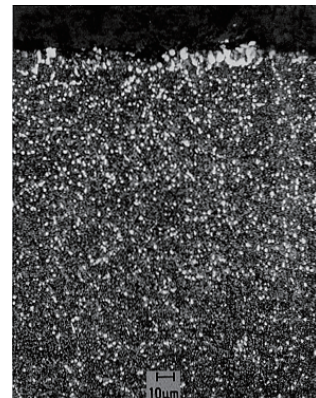


図8 高濃度浸炭例 SCM420

7) イオン浸炭

イオン浸炭の原理は、次のようなものです。まず、処理品を加熱室に入れ、炭化水素ガス系（主としてプロパンガス使用）の減圧下で加熱しながら、処理品を陰極とし、電極を陽極とした間に、直流高電圧を加えてグロー放電を起こさせます。このときに発生する炭素イオンを、処理品付近の強い電位勾配を利用して浸炭を行なうものです。

この方法で処理すると、次のような利点があります。

- (1) 処理品の全表面に均一に浸炭できる。
- (2) 普通浸炭温度（900℃付近）で、ガス浸炭に比べて50%の時間短縮が可能である。

(3) グロー放電時だけ浸炭が進行するので、浸炭層の深さ、表面炭素量の制御が容易である。

この方法では、処理品を加熱室内に適切に配置し、1～0.1Paまで排気して900℃以上の処理温度に加熱します。均熱後に微量の炭化水素ガスを導入し、10～100Paで、処理品と電極の間に数100ボルトの直流電圧を加えてグロー放電させ、浸炭させます。ただ、現状ではバッチ式の真空炉を使用するため、大量生産には不向きであると同時に、設備費が高くなるという難点をもち合わせています。

5. 浸炭窒化

浸炭窒化というのは、炭素と同時に窒素も侵入させるもので、シアン化合物を使用する液体浸炭も、本質的には同じものです。代表的なガス浸炭窒化について少し説明しておきます。

浸炭性ガスにアンモニアガス（NH₃）を添加し、鋼の表面から炭素と窒素を同時に侵入させる方法です。この方法は浸炭に比べて低温処理ができますから、熱処理ひずみが少なく、また、侵入窒素の影響を受

けて焼入れ性がよくなり、合金鋼でなくても炭素鋼で十分な硬さが得られるという特徴を持っています。しかし、処理温度によっては表面の炭素、窒素量が急に増して、焼入れによって硬化しない化合物層が生成されます。また、処理炉に用いられている耐熱鋼製のトレー、コンベヤ、発熱体保護管なども浸炭窒化されてしまい、さらにガス浸炭に比べて寿命が短いという欠点もあります。

6. 窒化とその特徴

一般に窒化と呼ばれているものには、鋼の表面から窒素だけを浸透させる純窒化と、処理温度はほとんど同じですが、窒素と炭素を同時に浸透させる軟窒化といわれるものの2種類があります。窒化は次のような特徴をもっています。

- (1) 鋼の表面が1,000～2,000HVくらいになり、浸炭に比べて低荷重の場所に使用される場合には高い耐摩耗性に富む。
- (2) 表面に大きな圧縮応力が残留し、耐疲れ性を増す。
- (3) 耐食性を向上させる。
- (4) 処理温度が変態点以下のため、処理時間を著し

く長く（場合によっては150時間も）することが必要であるが、処理による変形は変態を伴わないために、浸炭、表面焼入れなどよりもずっと小さい。

- (5) 作業環境は良好で、作業者は熟練を必要としない。
- (6) 処理品形状の制限がなく、複雑形状の小物部品などの大量処理も十分に可能である。
- (7) 処理温度が530～570℃程度であるから、調質鋼、高速度工具鋼、熱間ダイス鋼などでは、内部硬さをそのまま保持できる。

などがあげられます。

7. 窒化の方法

一般に行なわれる窒化の処理法としては、次のようなものがあります。

アンモニアガスによるガス窒化法。ナトリウム、またはカリウムのシアン化塩、および、シアン酸塩を使う塩浴窒化法。アンモニアガスと一酸化炭素を含む還元性ガスを使うガス軟窒化法。低真空中で窒素ガス単体、または、窒素ガスと微量の炭化水素系ガスの混合ガスを使ってグロー放電させ、窒化または軟窒化するイオン窒化法などがあります。しかし、これらの処理法の中で、塩浴窒化法は、公害などの問題から使用されなくなってきています。

処理される材料によって、次の目的で窒化が行なわれています。

- (1) 工具鋼・ステンレス鋼 ……耐摩耗性の向上
 - (2) 窒化鋼 ……耐摩耗性の向上
 - (3) 構造用鋼 ……疲れ強さ、耐摩耗性の向上
- ではそれぞれの窒化法についてお話ししましょう。

1) ガス窒化法

古くから行なわれているアンモニアガスによる窒化法です。アンモニアガスは、炉内に入ると熱分解して水素と発生期の窒素になります。この原子状窒素によって窒化が進行するとされています。アンモニアガスの分解度は、ふつう20~30%が適当とされていて、窒化によって得られる最高硬さは材質によって違いますが、窒化鋼で1,000HV以上の硬さが得られます。

アンモニアガスによる窒化方法として二段窒化法があります。この方法は第一段階では窒化硬さを著しく高める500~525℃で行ない、第二段階は550~570℃で行なって、窒化硬さは低下しますが、窒化層を増大させます。処理温度と窒化層の硬さ、厚さを図9に示します。

アンモニアガスが窒化処理温度で「 $2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N} + 3\text{H}_2$ 」のように解離して、発生期の窒素が鋼表面に吸着され、内部に拡散して窒化層が形成されます。しかし、鉄を分子状の窒素ガス中で加熱しても窒化現象は起きず、また、アンモニアガスを石英管中で加熱しても、ほとんど解離しません。しかし、アンモニア

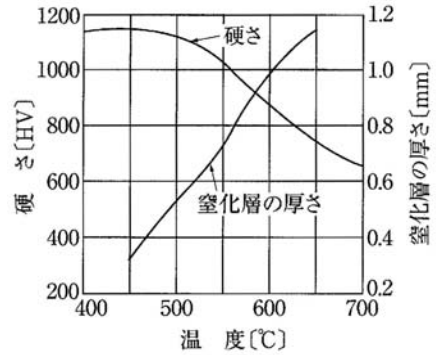


図9 処理温度と窒化層

ガスが鉄と一緒に加熱されますと、鉄の触媒作用によって解離が促進されます。

2) 塩浴窒化法

塩浴窒化法は、ナトリウム、または、カリウムのシアン化塩およびシアン酸塩を主成分とする塩浴を、500~600℃に保ち、処理品をその中に浸漬して、処理を行ないます。塩浴法では、ガス法に比べて境界窒素濃度が高いために、ふつう数分から数時間の短い時間で、処理を行なうことができます。

しかし最近では、シアン(CN)による公害が大きな問題となって、完全な終末末端処理設備をもっていない限り、使用できなくなっています。

3) ガス軟窒化法

ガス軟窒化法は、塩浴窒化法と同様に炭素と窒素を同時に侵入させるものです。その方法として塩浴ではなく、窒素を供給するアンモニアガスと、炭素を供給する浸炭性ガスを用います。

このうち、浸炭性ガスとしては一般のガス浸炭に使用される吸熱形ガスを用いる方法と、有機液体を熱分解して得られるCO+H₂組成のガスを用いるものがあります。この浸炭性ガスの違いは、単に供給ガスの違いであって、処理品の品質はまったく同一です。ですから、吸熱形ガス発生装置をもっている場合は、それを使用してガス軟窒化を行えばよいし、この発生装置がないときには、有機液体を使用すれば、ガス軟窒化ができます。

塩浴窒化と比べますと、ガス軟窒化は次の長所を持っています。

- (1) シアンの出ない無公害表面処理設備である。
- (2) ガス雰囲気のため、炉気管理が容易で、安定した品質のものが得られる。
- (3) 連続処理によって、コスト低減を図ることができる。

8. おわりに

今回をもちまして、6回にわたって紹介しました「知りたい材料・熱処理講座」を終了致します。

ここで紹介しました材料・熱処理技術は、NACHI商品の基盤技術として長い間に多くの関係者により構築されてきており、その集大成が著書「新・知りたい熱処理」(ジャパンマシニスト社)に集約されています。(今回もその中からの引用があります)

この講座に対し、各所から材料・熱処理に関してわかりやすい資料であったとの好評も得ており、今後も何かの機会に活用してもらえれば幸いです。また、これからも世の中の環境変化に対応した講座の執筆に努めてまいりたいと考えています。

用語解説

※1 異常組織

鋼を浸炭した場合、正常な過共析鋼組織は、初析セメンタイトが粒界に網状に析出し、地質は層状にパーライト組織であるが、ときにはセメンタイトが太く、その周囲にフェライトが幅広く存在することがある。この組織を異常組織という。異常組織の鋼を焼入れしても、フェライト部はマルテンサイトにならず、硬くならない。

関連記事

- 1) 浅田泰弘：知りたい材料・熱処理①「材料を強くする熱処理」
NACHI-BUSINESS news Vol.4 D1、August/2004
- 2) 河口誠司：知りたい材料・熱処理講座②
「硬さと粘り強さをあたえる焼入れ焼もどし」
NACHI-BUSINESS news Vol.5 D1、November/2004
- 3) 河口誠司：知りたい材料・熱処理講座③
「熱処理にまつわる問題点・トラブルとその防止策」
NACHI-BUSINESS news Vol.6 D1、February/2005
- 4) 吉田 直純・天野 宏地：知りたい材料・熱処理講座④
「使用目的を考えた熱処理の選び方」
NACHI-BUSINESS news Vol.7 D2、May/2005
- 5) 吉田 直純・天野 宏地：知りたい材料・熱処理講座⑤
「使用目的と熱処理を考えた材料の選び方」
NACHI-BUSINESS news Vol.8 D1、August/2005

〈注記〉

本稿は、不二越熱処理研究会著「新・知りたい熱処理」ジャパンマシニスト社を引用しています。