

What's NITRIDING?

窒化とは？

N
Nitrogen
14.0067

+

13 Al
Aluminum
26.9815

24 Cr
Chromium
51.9961

42 Mo
Molybdenum
95.94

株式会社 極東窒化研究所

<http://www.kyokutou-tikka.com>

技術書目次と内容

1 ガス窒化とは？	2
2 窒化の歴史	3
1) 熱処理技術のおこり	3
2) 窒化技術のおこり	3
3 表面硬化処理としての窒化処理・ガス窒化処理の特徴	4
1) 表面硬化処理法	4
2) ガス窒化処理	5
4 窒化鋼について	7
1) 成分と性質	7
2) 硬さ	8
3) 窒化層の組織と硬さ分布	8
4) 再窒化の特性（研削後の再窒化深さ）	8
5 処理時間・処理温度と硬さとの関係	9
1) 処理温度	9
2) 鉄中への窒素の拡散係数	9
3) 処理時間	9
6 窒化処理のいろいろ	10
7 素材から窒化までの熱処理加工工程	11
8 窒化鋼以外の鋼種の窒化処理	12
1) クロムモリブデン鋼（SCM）、ニッケルクロムモリブデン鋼（SNCM）	12
2) ステンレス鋼（SUS）、耐熱鋼（SUH）	12
3) ダイス鋼（SKD）	12
4) 主な鋼種の硬さ推移曲線	12
5) 特殊鋼添加元素の特性と窒化硬さに及ぼす影響	13
6) 各鋼種の14時間、96時間処理硬さ推移曲線	14
7) 各鋼種の窒化層厚さと表面硬さ	15
8) 窒化鋼以外の鋼の窒化組織	15
9 ステンレス鋼の窒化処理	16
1) ステンレス鋼への窒化処理	16
2) SP処理	17
3) ステンレス鋼の窒化処理、SP処理の用途	17
10 ガス窒化処理とガス軟窒化処理の違い	18
1) ガス窒化法	18
2) ガス軟窒化法	18
11 窒化不良が発生する原因	19
12 現在までに窒化処理した主なる機械部品	19
13 窒化に適した鋼の成分表	20
14 硬さ換算表	21
15 当社設備内容	22

1 ガス窒化とは？（鋼の窒化加工 JIS B 6915-1985）

窒化処理とは表面硬化熱処理の化学的表面硬化法で、鋼の表面から窒素を拡散侵入させ、鋼の表面を硬くする加工技術です。

図1-1のように鋼の部品を電気炉に入れ500℃前後に熱し、絶えずアンモニアガス(NH₃)を吹き込みますとアンモニアガスの一部が窒素(N)と水素(H)に分離し、その窒素(N)が鋼の中に入り込み、鋼のなかの鉄(Fe)、アルミニウ

ム(Al)、クロム(Cr)などと結びつき硬い窒化化合物を生成します。10時間～90時間同じ状態を保ちますと鋼の表面が窒化し、銀白色の綺麗な面となりガラスが切れるほど硬くなります。表1-1は窒化で特に硬くなる鋼で、なかでもSACM645(アルミニウムクロムモリブデン鋼:通称窒化鋼)は窒化に最も適した鋼とされています。

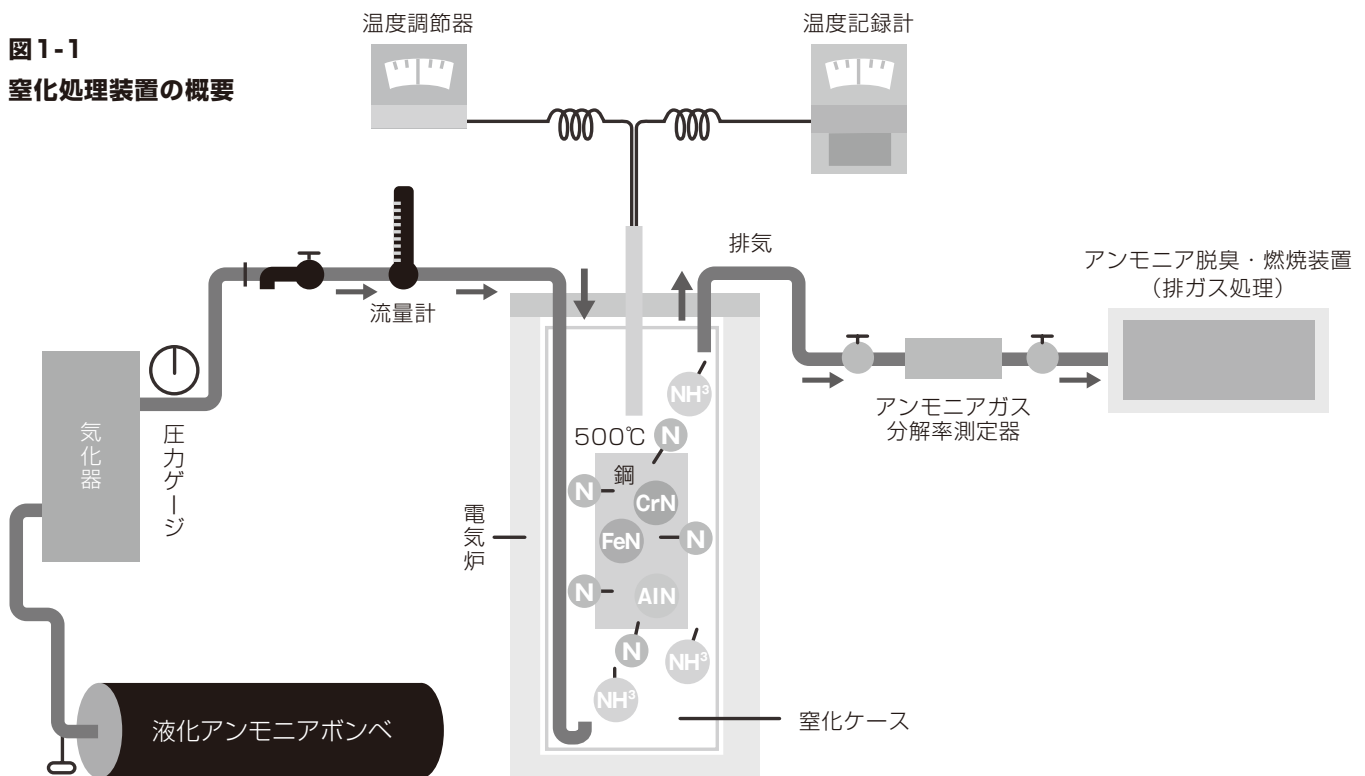
表1-1 窒化で特に硬くなる鋼

(窒化は材質によって硬さが決まります。)

SACM	645	窒化鋼（アルミニウムクロムモリブデン鋼）
SVN	1～4	迅速窒化鋼（含バナジウム鋼）
SCM	435～822	クロムモリブデン鋼
SNCM	220～815	ニッケルクロムモリブデン鋼
SUS	303～630	ステンレス鋼
SUH	1～31	耐熱鋼
SKH	2～59	高速度工具鋼
SKD	1～62	ダイス鋼

これらの鋼はすべて窒化で硬くなります。中でも窒化に必要な元素（Al、Cr、Mo）が入っている窒化鋼は、最も硬くなり表面硬さはHV1,000～1,200、窒化層厚さも0.8mm位になります。一方、炭素のみを含むSC材（炭素鋼）は窒化しても表面硬さはHV500ぐらいにしかありません。

図1-1 窒化処理装置の概要



2 窒化の歴史

1) 熱処理技術のおこり

鉄は古くから人類の歴史と深く関わってきました。紀元前3000～2500年頃にエジプトで鉄製品が作られていたといわれ、紀元前1200～1500年頃にはすでに古代トルコのヒッタイトで鉄の精錬が行われていました。

生活の道具として、また、時には戦うための武器として、鉄は人類の文明を進化させてきました。ところが、鉄には錆びやすく脆いという弱点があり、人類はこれを克服する技を見つけ出しながら、

さらに高い文明を築き上げていきました。その技が「熱処理」という、鉄を加熱したり冷やしたりして硬く粘り強い鋼にする技術です。わが国においても、奈良時代（583年）に朝鮮半島から高い技術を持った刀鍛冶が渡来し、日本の鍛冶師たちに刃金や刀づくりの技術が伝授され、平安時代（1100年頃）にはすでにこの熱処理技術によって、日本刀づくりが本格的に始まったとされています。

2) 窒化技術のおこり

熱処理法は、近代に入ると急速に進歩していきました。工業化社会が進展するに伴い、鋼の使用量も増大し、鋼に対する多様なニーズによって、様々な処理法が開発されていくことになりました。

1923（大正12）年、ドイツのアドルフ・フライ博士がアルミニウム、あるいはクロムなどを含んだ窒化鋼をアンモニア気中で約500℃で加熱したところ、その表面に極めて硬い窒化層ができることを発見し、鋼を高温加熱することなく表面硬化を実現する技術を手に入れました。これが窒化法の始まりです。以後、窒化処理は、第二次世界大戦を経て世界に広まりました。

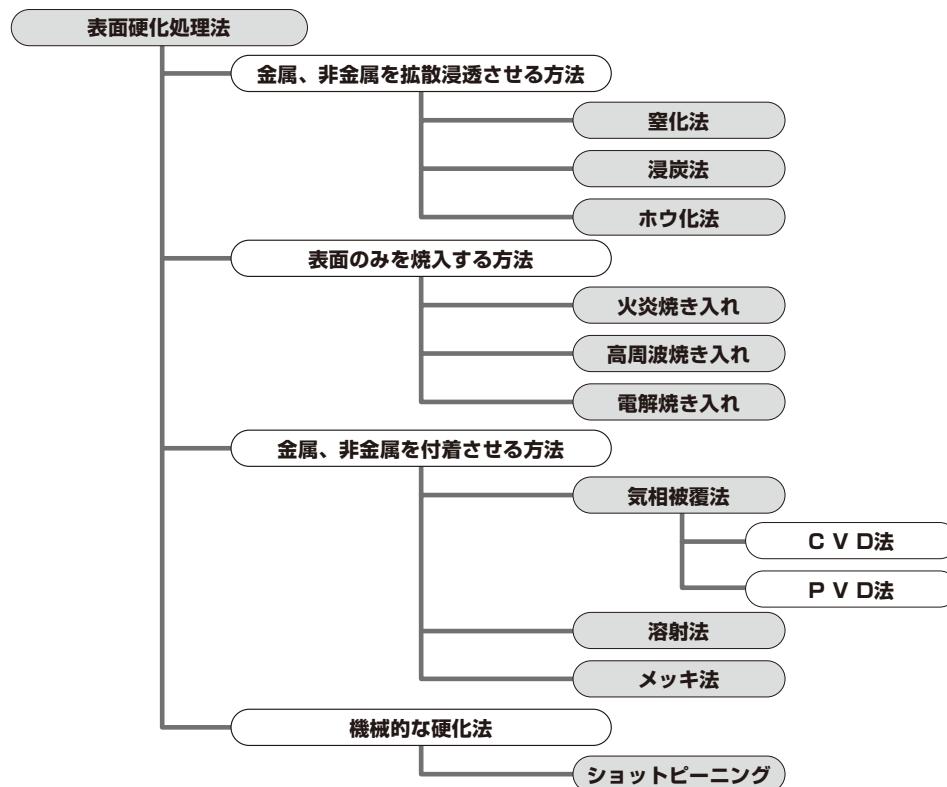
一説によると、窒化の生みの親であるフライ博士は、第一次世界大戦などの戦場で使用されていた大砲に疑問を持ったことから窒化法を発見したといわれています。すなわち、いくら大砲を撃っても、砲身の内壁が減らないことに注目し、大砲を撃つと爆発によって出てくる砲弾の摩擦熱と硝煙が結びついて砲身の内壁表面を硬くするのではないかと仮定。それを基に窒化法を考案したといわれています。戦前、わが国においては、窒化処理は大砲の砲身など軍事利用に密かに使われていたものと思われます。ちなみに、当時最高峰の戦艦として建造されていた戦艦「大和」の砲身も、窒化技術によって作られたといわれています。

3 表面硬化処理としての窒化処理・ガス窒化処理の特徴

1) 表面硬化処理法

鋼の主な表面硬化処理方法を以下に示します。
窒化は金属、非金属を拡散浸透させる方法です。

図3-1 鋼の表面硬化処理方法



それぞれの処理には以下の特徴があります。

表3-1 各表面硬化処理法の特徴

処 理 法	硬化層深さ	硬さ	耐疲労性	変形性	耐摩耗性	耐剥離性	耐熱性	耐腐食性
窒化法	○	○	○	○	◎	◎	○	○
浸炭法	◎	○	○	△	○	○	△	△
シリコナイジング	○	○	△	△	○	○	◎	◎
火炎焼き入れ	△	△	△	△	○	○	△	△
高周波焼き入れ	◎	○	○	△	○	○	△	△
電解焼き入れ	△	○	△	△	○	○	△	△
CVD法	△	◎	△	◎	◎	△	△	○
PVD法	△	◎	△	◎	◎	△	△	○
溶射法	○	◎	×	△	○	×	◎	○
メッキ法	△	○	×	○	○	×	△	◎
ショットピーニング	×	○	○	○	△	○	△	△

◎：特に優れている △：普通
○：優れている ×：劣る

* 優劣は、工法、材質、使用方法等で変わります。

2) ガス窒化処理

当社では、いくつかある窒化処理方法の中でも、深く安定した硬化層が得られるガス窒化処理を専門に行っています。アンモニアガスは、炉内で熱分解し、水素と発生期の窒素となります。この発生期の窒素である原子状窒素(N)が鋼中に侵入拡散し、Al、Cr、Mo、Ti、V等安定な硬い窒化物を作成する元素と反応し、硬くなります。因みに大気中存在する窒素は分子状窒素(N₂)で分子状窒素では窒化はできません。

窒化処理は、下記に示すような優れた特徴を持っています

- 窒化処理の硬化深さは、処理時間、温度によりコントロールできます。
- 表面の硬さ値は、鋼に含まれる元素により左右されますが、ビッカース硬さで約HV1000以上になります。
- 硬化層を得るためには、Cr、Al、Mo等の合金元素を必要とします。(SACM,SCM,SNCM,SKD,SKH 等)
- 窒化層が持つ高い圧縮残留応力により材料の疲労限を向上させます。
- 焼き入れ処理を伴わない比較的低温の処理のため、変形が少なくなっています。
- 高い硬さ値と低い摩擦係数のため、耐摩耗性に優れます。
- Nの内部への拡散浸透処理で相変態等を伴わないため、剥離する心配はありません。
- 相変態による硬化でないため、500℃程度までは相変態による軟化がありません。
- 塩水、湿分、アルカリ、燃焼生成物さらに550℃までの過熱蒸気に対して、充分な耐腐食性をもっています。
- 形状を問わず、小間隙の内部への処理が容易です。
- 真空チャンバーが必要ないため、大型の炉が製作可能で大型部品の処理ができます。
- 大型の部品と小さな部品も同一の炉で処理が出来ます。
- NH₃ガスを使用するため、排ガス分解が容易で環境にやさしい。

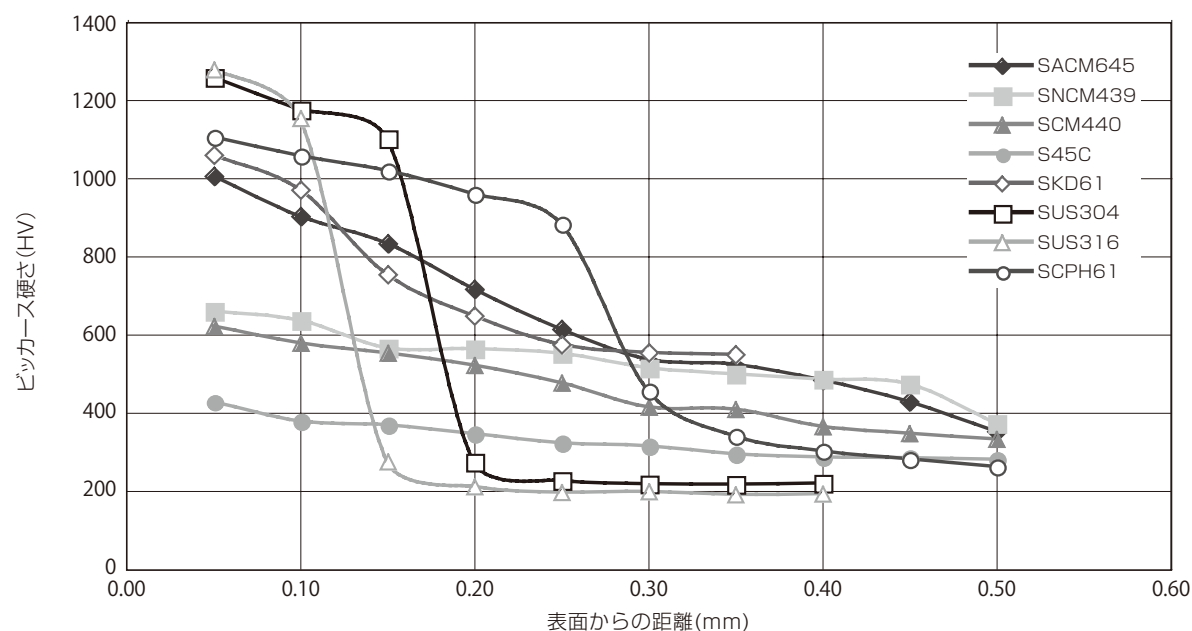
2)-1 表面硬さ

高い硬さの層を得て、耐摩耗性を改善することが窒化処理をする大きな目的の一つです。

各材質を48時間処理した場合の表層からの硬さ分布を図3-2に示します。

同材質でも化学成分の差、調質(焼入れ、焼戻し)の状況により硬さは多少異なってきます

図3-2 各材質の表層からの硬さ分布 (48時間処理)



2)-2 耐摩耗性

耐摩耗性が優れていることは最大の特質で、浸炭鋼またはその他の耐摩耗性鋼の6～10倍になります。例えばアムスラー摩耗試験機による結果をみると20～80kg荷重においては摩耗による重量減を示さず、200kg荷重において他の最も優秀な耐摩耗鋼の80kg荷重における摩耗減量の1/8を示すに過ぎません。特に相手方の鋼（材質）が硬い場合にこの特性は顕著です。

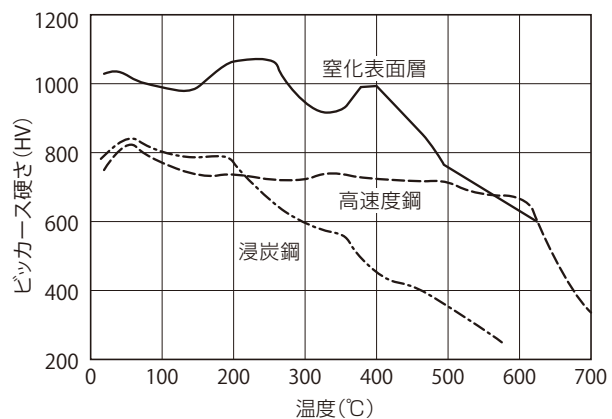
2)-4 高温使用下での硬さ推移

浸炭鋼は200℃前後で硬さの軟化を起こし始めますが、図3-3のように窒化層は500℃までの温度では、あまり硬さが落ちませんのでダイキャストのスリーブ、プランジャー、金型など熱間で使用されるものでも十分に耐えられます。

2)-3 耐腐食性

窒化処理した表面は、アルカリ溶液、油、ガス燃焼生成物、食塩水および大気中の湿気には非常に強い性質を持っています。また過熱蒸気に対しても耐腐食性を示します。但し、ステンレス鋼は窒化すると耐腐食性が悪くなりますので、耐腐食性を必要としその上表面硬さを高くする部品には向きません。

図3-3 窒化層の高温使用下での硬さ推移



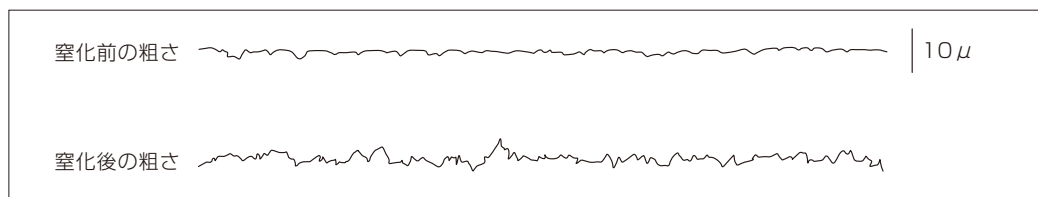
2)-5 処理後の表面粗さ

図3-4は、G研磨した試料を窒化し、処理前後の表面粗さを測定したものです。

2μ程度の粗さの仕上げで窒化処理を行うと幾分面があれ、8μ程度となります。

窒化前の表面が粗ければ粗いほど処理後の粗さも大きくなり、処理後の研磨しろが大となるため有効窒化層が薄くなりますので窒化処理前の仕上面は出来るだけなめらかに仕上げてください。

図3-4 窒化処理前後の表面粗さ



2)-6 窒化による変形

窒化は普通焼入、浸炭、高周波、火炎焼入等のように一度A1変態点以上（730℃以上）に温度をあげ、マルテンサイト変態を利用した硬化処理でないため、組織変化による膨脹、収縮がありません。また、窒化処理温度が500℃という低温のため曲りや歪みが非常に少なく、焼割れ等ができず、母材の結晶粒の成長もありません。

しかしながら窒素が鋼の中に拡散侵入するため片面で窒化層の約3%の寸法増加がおきます。窒化後、歪みや曲りのでる場合がありますが、これは窒化前の熱処理、溶接、機械加工、冷間矯正等による内部応力を応力除去焼なましにより完全に除去できていない場合に発生します。とくに変形をきらう部品の前処理は加工前にご相談下さい。

4 窒化鋼について

窒化鋼は最も窒化しやすくするために様々な元素を入れた鋼で、引張強さ、強靱性などが高く、非常に優れています。鋼の表面を非常に硬い窒化層で覆った窒化処理鋼は他の鋼にない素晴らしいものです。

1) 成分と性質

表4-1 窒化鋼の成分

種類	記号	化学成分 %								用途別
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	
アルミニウムクロム モリブデン鋼645種	SACM 645	0.40 ～ 0.50	0.15 ～ 0.50	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	1.30 ～ 1.70	0.15 ～ 0.30	0.70 ～ 1.20	表面 窒化用

表4-2 機械的性質

種類	記号	熱処理℃		引張試験				衝撃試験	硬さ試験
		焼入	焼き戻し	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び(%)	絞り(%)	衝撃値 (シャルピー) (kg・m/cm ²)	ブリネル 硬さ (HBW)
アルミニウムクロム モリブデン鋼645種	SACM 645	880 ～ 930 油冷	680 ～ 720 急冷	70 以上	85 以上	15 以上	50 以上	10 以上	229 ～ 285

この成分元素の中で窒化に一番影響するのはAlとCrで、図4-1, 4-2のように硬さと窒化層の厚さを左右します。

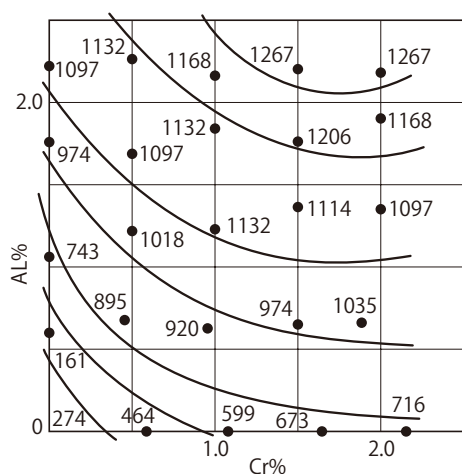


図4-1 最高硬さ等硬線におよぼすAlとCrの影響 (500℃-100時間窒化) (単位 HV)

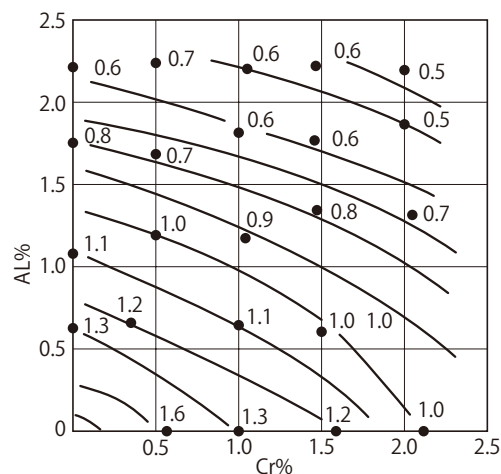


図4-2 窒化層の深さにおよぼすAlとCrの影響 (500℃-100時間窒化) (単位mm)

このように窒化処理する鋼はAl、Crを合金成分とすると、非常に硬い窒化層ができます。

2) 硬 さ

浸炭及び高周波焼入による表面硬化はビッカース硬さで最高800程度ですが、窒化処理の場合はSACM645でHV1,000~1,200になり、図4-3に示すように500℃×48hrの処理をすると有効窒化層（HV700以上）0.2mm、全窒化層0.55mm位となります。

3) 窒化層の組織と硬さ分布

図4-3はSACM（窒化鋼）を520℃×48hrの窒化処理したものの窒化層の組織とその硬さ分布を示したもので、写真4-1に見られるように表面から0.02mm位まで化合物層（白層）が来ています。

これがFe-Nの化合物よりなるε相でWhite Layerと呼ばれる脆弱な硬さの低い層で、剥離しやすいため窒化後研磨により取り去れば、最高の硬さを持ち脆くない窒化層がです。

拡散層は鋼のソルバイト組織の中にAl-N、Cr-N、Mo-Nなどの窒化物が出来たもので、これがFeの結晶格子に歪みを起させ硬化するといわれています。尚、化合物層と拡散層を合わせて窒化層と呼びます。

図4-3 窒化組織と硬さ分布

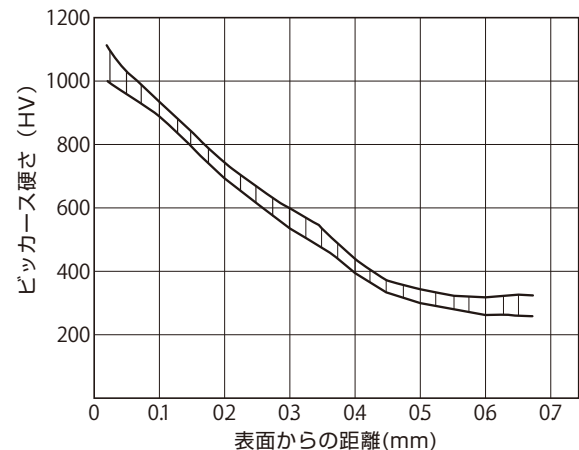
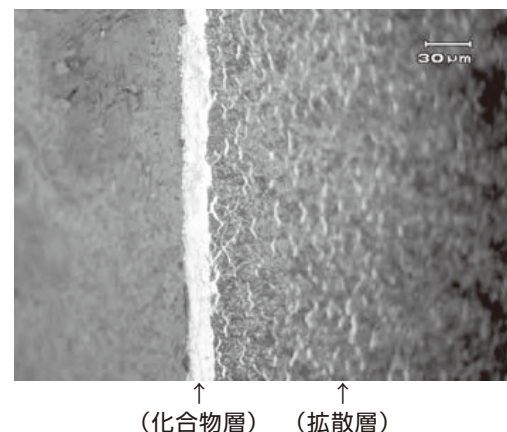


写真4-1 窒化鋼の組織 SACM645



4) 再窒化の特性（研削後の再窒化深さ）

表4-3 0.45mmの全窒化層厚さを持つ窒化処理品を研削後、再窒化した場合の全窒化層厚さ 材質:SACM645

記号	処 理 条 件			全窒化層厚さ (mm)	最高ヌーブ硬さ (HK)
	初期窒化	研削量 (mm)	再窒化		
A	520℃x40h	0	—	0.45	960
B	520℃x40h	0	520℃x40h	0.64	960
C	520℃x40h	0.1	520℃x40h	0.60	870
D	520℃x40h	0.2	520℃x40h	0.56	880
E	520℃x40h	0.3	520℃x40h	0.52	890

研削すると表面の窒化物を除去することになります。Al、Cr、Moなど窒化に寄与する単体元素は窒化物になっているため、研削後の最表面に近い部分は単体元素としても欠乏している状態になっています。従い再窒化しても最表面に近い部分の最高硬さは低下します。しかし、研削量を増やし、Al、Cr、Moなどの単体元素が豊富にある地点まで研削を行うと窒化物ができやすい状況となり、最高硬さは向上します。

5 処理時間・処理温度と硬さとの関係

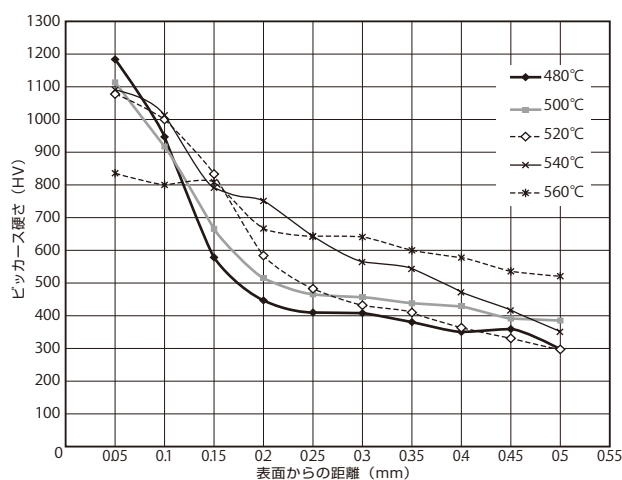
1) 処理温度

処理温度により硬さ分布は以下のように変わってきます。
すなわち温度が高くなると表面硬さは低下します。

表5-1 窒化処理 (SACM645) 処理時間30h

mm 材質	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
480℃	1188	946	579	446	409	405	383	354	360	297
500℃	1115	920	665	514	468	454	440	429	394	387
520℃	1081	1003	835	585	483	433	409	360	331	299
540℃	1097	1018	792	752	642	566	548	473	417	354
560℃	835	803	803	665	649	642	599	579	536	519

図5-1 硬さ推移曲線



2) 鉄中への窒素の拡散係数

表5-2 鉄中への窒素の拡散係数

温度 (℃)	N (cm ² /sec)
20	8.8×10^{-17}
100	8.3×10^{-14}
300	5.3×10^{-10}
500	3.6×10^{-8}
700	4.4×10^{-7}
900	2.3×10^{-6}

1 cm²の断面積を1秒間、または1日間に拡散する窒素の量をグラム (g) で表わしたものです。

単位 1cm²/sec. 1cm²/day

拡散速度は温度が高いほど加速度的に上がります。

3) 処理時間

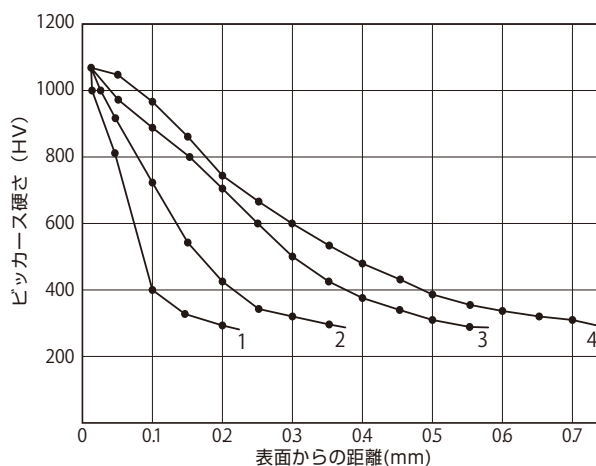
表5-3のように窒化処理時間が長くなると、窒化層は厚くなりますが、最高硬さは図5-2のようにあまり変わりません。

また、窒化層が厚くなると、一般的に脆弱な化合物層も厚くなります。

表5-3

	窒化時間 (h)	SACM645の全窒化層 (mm)
1	12	0.15
2	24	0.30
3	50	0.55
4	80	0.75

図5-2 窒化時間と硬さ分布図



6 窒化処理のいろいろ

ガス窒化にはいくつか方法があり、窒化処理温度、時間、ガス流量などにより、窒化層の出来方が違ってきます。

窒化処理する部品の用途によってこれらを調整しますと、使用状態に最も適した窒化層が得られます。

■TIK（ティック）処理（チタン・クロム被覆複合処理）

昭和59年に開発した技術で、鉄鋼部品の表面にHV3200の超硬度を有するチタンカーバイト及びクロムカーバイトを生成させ、耐腐食性、耐摩耗性の向上を目的とする処理です。

■ベターナイジング処理

ベターナイジング処理は化合物層を薄くする処理で、通常のガス窒化処理法より靱性があり、層の剥離の心配がありません。（白層が全くないと耐腐食性に問題が生じるため、ある程度の白層は必要です。）

■2段窒化処理

処理途中で処理温度を上げる処理です。最初は温度低めで表面硬さを上げ、2段目で温度を上げて窒素を深く拡散浸透させて深さを得ます。2段窒化は表面硬さを高く維持し、硬さ深度を得るのに有効な処理です。

■ウルナイト処理

96時間の長時間処理のことをいいます。処理時間が長ければ深くまで窒素が拡散浸透してゆくので硬さ深度は出ます。ただし表面硬さはほとんど変わりません。

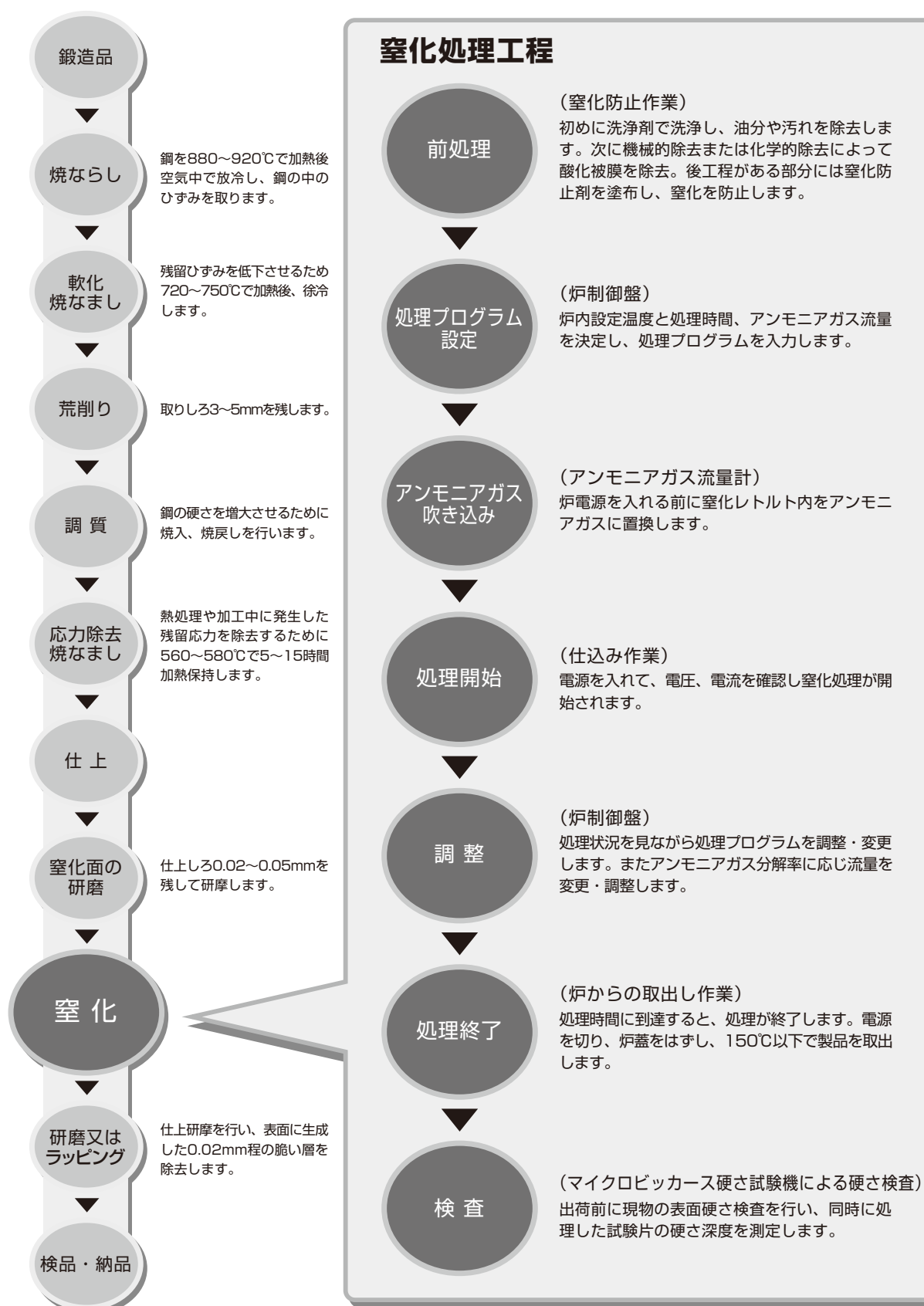
■SP処理

SP処理は窒化処理の一種で、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS304、310、316など）に有効な処理です。通常のステンレス窒化処理は耐摩耗性は優れているものの、耐腐食性は劣化するのに対し、SP処理は保護被膜（不働態被膜）を有したままで、特殊窒化層＝SP層が形成されます。この層は通常の窒化化合物とは異なる組織の特殊窒化層であり、耐摩耗性、耐腐食性いずれも優れているため、ステンレス製はんだ槽及び関連部品の侵食防止に有効な処理となっています。

■石英ガラス窒化処理

石英ガラス表面を窒化処理し、窒化ケイ素層を形成させることにより強度を改善させ、耐薬品性を向上させる処理です。

7 素材から窒化までの熱処理加工工程



8 窒化鋼以外の鋼種の窒化処理

“ガス窒化とは？”（P2参照）のところにあるように、窒化鋼以外の鋼では以下の鋼が窒化に適しています。これらの鋼はそれぞれに適した窒化処理条件があり、条件の差異により用途も異なってきます。

1) クロムモリブデン鋼（SCM）、ニッケルクロムモリブデン鋼（SNCM）

SCM,SNCMの窒化処理条件はほぼ窒化鋼と同じですが、表面硬さはSCMがHS70くらい、SNCMがHS65くらいで、窒化層の硬さ分布は窒化鋼の硬さ分布よりゆるい傾斜で母材の硬さに達しています。この鋼は熱処理変形が非常に少なく、特に高い硬さを必要としないことなどから歯車に用いられることが多く近年非常に増加しています。

2) ステンレス鋼（SUS）、耐熱鋼（SUH）

SUS,SUHの窒化処理は窒化鋼などに比べて難しく特殊な技術が必要です。それはこれらの鋼の表面にある酸化クロムの被膜が窒素の拡散侵入を阻害する為です。このSUS系窒化処理すると、P16（写真9-1）にありま
り確実に
行われて
います。

この鋼を窒化処理すると、P16（写真9-1）にありま
す写真の組織となり、窒化組織と地の組織の境界が
はっきりと出ます。この為あまり窒化層を厚くすると
剥離する恐れがあるので、0.05～0.2mmが適当です。
なお前述のようにこの鋼は窒化すると幾分耐腐食性が
悪くなります。

3) ダイス鋼（SKD）

SKDはSKH（高速度工具鋼）と同じように焼戻温度が
窒化温度とほぼ同じなので窒化しても母材硬さはそれ
程下がらず、そのため表面も非常に硬くなって耐摩耗
性が向上し、金型などでは寿命が5倍以上伸びます。

4) 主な鋼種の硬さ推移曲線

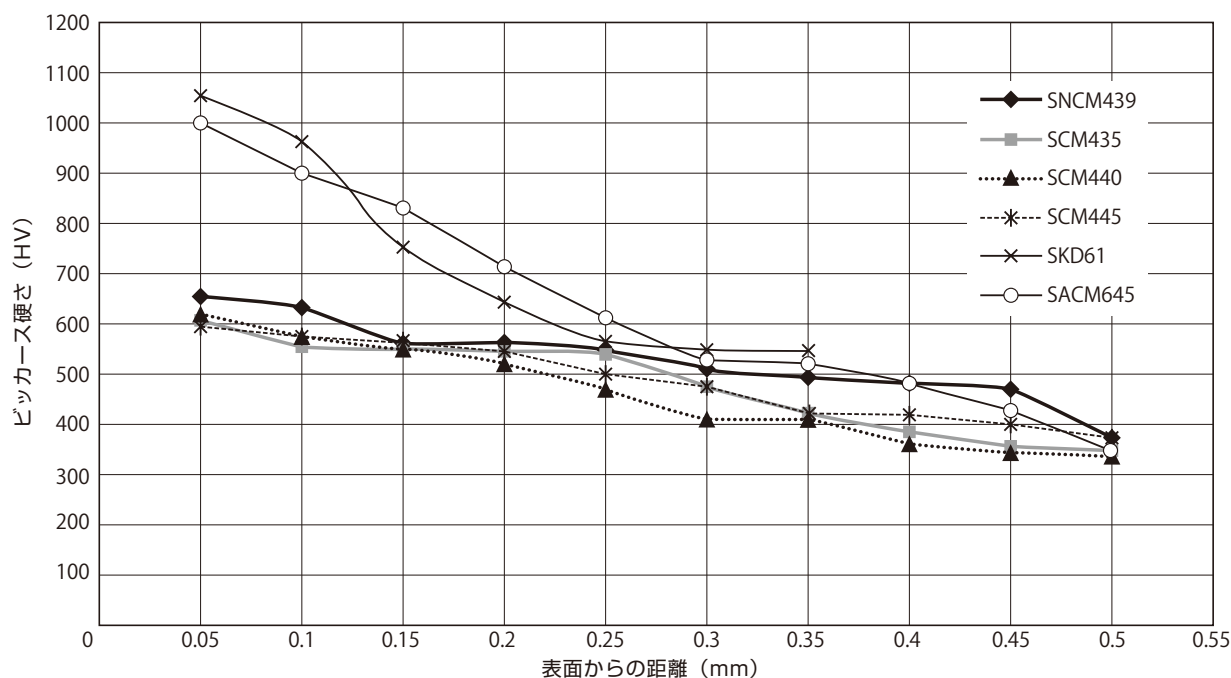
表8-1 主な鋼種の成分表（%）

	C (炭素)	Si (シリコン)	Mn (マンガン)	Ni (ニッケル)	Cr (クロム)	Mo (モリブデン)	Al (アルミニウム)	V (バナジウム)
SACM645	0.40~0.50	0.15~0.50	0.60以下	—	1.30~1.70	0.15~0.30	0.70~1.20	—
SNCM439	0.36~0.43	0.15~0.35	0.60~0.90	1.60~2.00	0.60~1.00	0.15~0.30	—	—
SCM435	0.33~0.38	0.15~0.35	0.60~0.90	—	0.90~1.20	0.15~0.30	—	—
SCM440	0.38~0.43	0.15~0.35	0.60~0.90	—	0.90~1.20	0.15~0.30	—	—
SCM445	0.43~0.48	0.15~0.35	0.60~0.90	—	0.90~1.20	0.15~0.30	—	—
SKD61	0.35~0.42	0.80~1.20	0.25~0.50	—	4.80~5.50	1.00~1.50	—	0.80~1.15

表8-2 主な鋼種の硬さ分布（48時間処理）

材質	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
SACM645	1000	898	828	712	610	533	520	480	425	349
SNCM439	656	632	562	560	548	511	496	482	470	370
SCM435	605	553	553	550	538	473	419	386	357	346
SCM440	618	575	549	518	473	412	406	362	344	330
SCM445	593	571	559	544	500	473	426	415	399	374
SKD61	1054	965	749	644	571	550	545			

図8-1 硬さ推移曲線



処理時間を一定にした鋼種別の窒化傾向。硬さは調質硬さによる変化が生じます。

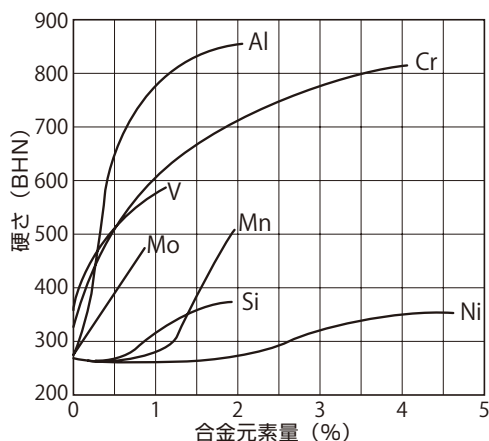
5) 特殊鋼添加元素の特性と窒化硬さに及ぼす影響

表8-3 特殊鋼添加元素の特性

添加元素	効果
C	鉄に添加することにより鋼となります。熱処理により硬さが増します。窒化処理を行う母材の硬さを上げます。
Mn	脱酸剤として使用されます。Sの影響を軽減させます。焼入れ性を増します。
P	含有量の多い鋼は延性、衝撃値が低下します。C量の多い鋼は、影響大。冷間脆性を起こしやすく、偏析（集団結合）を生じやすい元素の1つのため含有量は少ないほうが良いです。
S	快削鋼に添加される場合があります。Pと同様、含有量の多い鋼は延性が低下します。Pとは逆に熱した時に鋼をもろくする性質があります。つまり熱間脆性を起こしやすくなるので、含有量は極力少ないほうが良いです。
Pb	快削鋼に添加される場合があります。高温での使用不可。窒化処理を含む熱処理には、注意が必要です。溶接不可。環境上問題があります。
Si	脱酸剤として使用されます。鋼の耐熱性、"硬さ""強さ"を増す元素です。多くなると延性が悪くなります。亜鉛メッキの外観を阻害します。含まれていることにより、窒化処理で硬くなります。
Ni	鋼に耐腐食性・強靱性を与え、粘り向上による低温時の耐ショック性を増加させ、熱処理をしやすくする働きもあります。ステンレスに添加することにより還元性の酸の耐腐食性を増します。Niを含有する鋼の窒化層は、高靱性となります。多く含有するものは、窒化層が薄くなります。
Cr	焼入れ性を増します。鉄中に12%以上含むことによりステンレスとなります。窒化処理をすることにより鋼を硬くさせる大事な元素です。
Mo	焼入れ性を増加させます。高温に加熱された時、結晶粒の粗大化を防ぎ、高温引張り強さを増大させます。ステンレス鋼の中に含まれた場合、耐腐食性に優れた働きをします。
Al	脱酸剤として使用されます。Crとともに窒化処理をすることにより鋼を硬くさせる大事な元素です。

Al、Cr、Mo、Ti、V、Mn、Si etc. :
窒化すると硬化に寄与する元素

図8-2窒化の最高硬さにおよぼす添加元素の影響



6) 各鋼種の14時間、96時間処理硬さ推移曲線

表8-4 14時間処理の硬さ分布

材質	mm	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
SACM645		1187	979	594	485	449	398	367	357							
SKD61		1201	1084	568	516	515	514									
S45C		440	395	341	334	321	326	324	300	268	271					
SFCD700		619	585	550	474	410	375	341	315	316	305					
SUS304		1069	217	210	213											
SUS420		1070	568	238	225											
SUS316		587	174	166	164											
SUS310		961	218	210	198	195										

図8-3 硬さ推移曲線

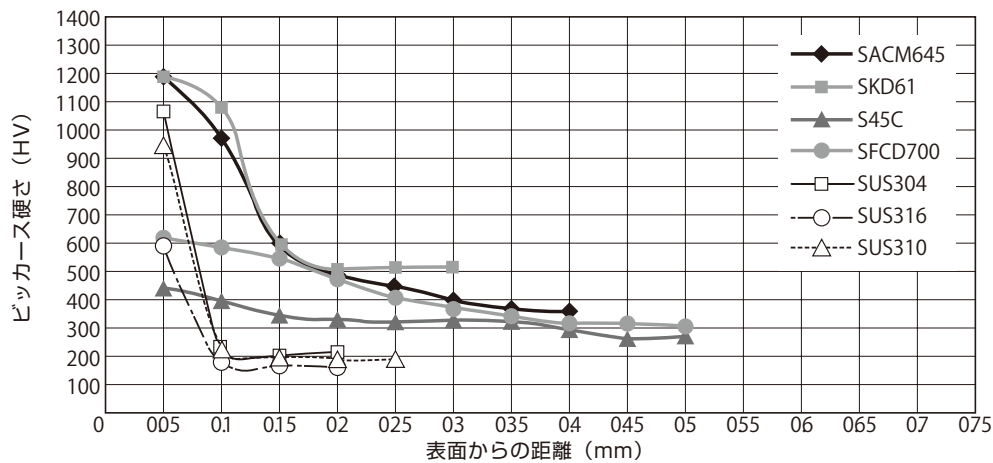
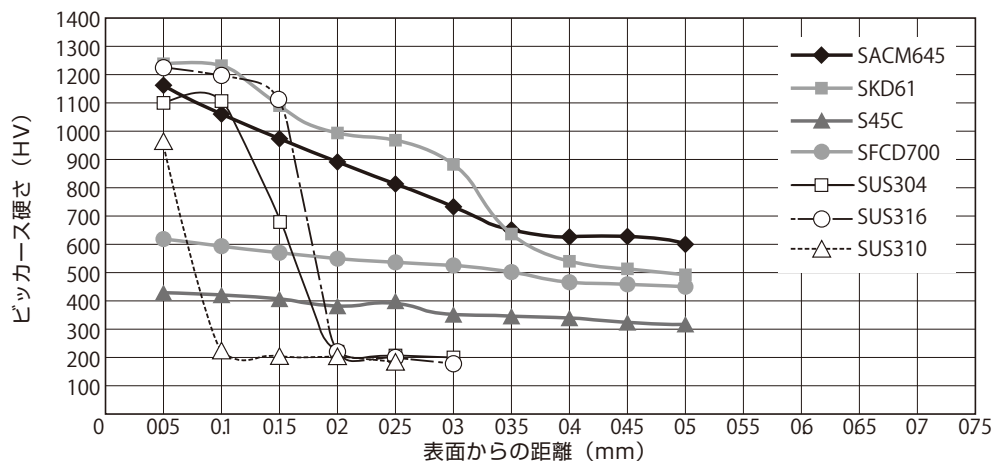


表8-5 96時間処理の硬さ分布

材質	mm	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
SACM645		1167	1062	973	886	817	746	650	636	630	600	584	535	461	405	392
SKD61		1234	1224	1085	988	970	875	628	535	509	489					
S45C		431	416	406	378	388	348	343	333	321	320	317	311	285	287	283
SFCD700		607	590	564	548	533	526	505	460	458	449	430	423	416	394	389
SUS304		1115	1116	672	209	210	201									
SUS420		1172	1158	1091	1141	609	276	237	224	214	213					
SUS316		1226	1200	1120	208	198	185									
SUS310		961	218	210	198	195										

図8-4 硬さ推移曲線



7) 各鋼種の窒化層厚さと表面硬さ

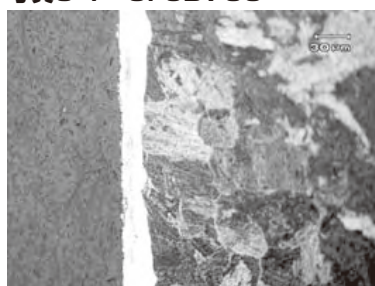
表8-6 各鋼種の窒化状態

種類	記号	窒化層の厚さ(mm)	硬さ(HV)
クロムモリブデン鋼	SCM432~445	0.3~0.5	600~700
	SCM420~822	0.3~0.5	
ニッケルクロムモリブデン鋼	SNCM430 240 220~616	0.3~0.4	550~650
	SNCM630	0.3~0.5	700~800
オーステナイト系ステンレス鋼	SUS201, 202 // 301~310 // 316, 317 // 321~347 // 384, 385	0.05~0.1	900~1100
オーステナイト・フェライト系ステンレス鋼	SUS329J1	0.1~0.2	900~1000
フェライト系ステンレス鋼	SUS405 // 429, 430 // 434	0.2~0.4	800~1000
マルテンサイト系ステンレス鋼	SUS403, 410 // 416, 420 // 431, 440	0.2~0.4	800~1000
析出硬化系ステンレス鋼	SUS630, 631	0.2~0.3	900~1000
オーステナイト系耐熱鋼	SUH31, 309 SUH310, 330, 661	0.05~0.15	900~1000
フェライト系耐熱鋼	SUH446	0.2~0.3	900~1000
マルテンサイト系ステンレス鋼	SUH1, 3, 4 SUH600, 616	0.2~0.3	800~1000
高速工具鋼	SKH2~5, 10	0.1~0.3	900~1100
冷間金型用合金工具鋼	SKD1, 11, 12	0.1~0.3	800~1000
熱間金型用合金工具鋼	SKD4~6, 61	0.1~0.3	900~1100

各鋼種の結果は一定の処理温度や時間ではなく、各々の鋼に最適な条件で行ったものです。

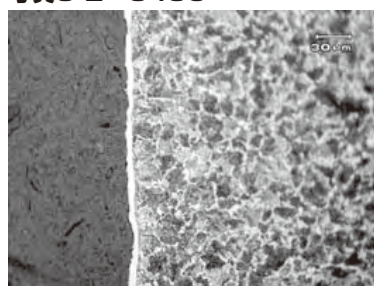
8) 窒化鋼以外の鋼の窒化組織

写真8-1 SFCD700



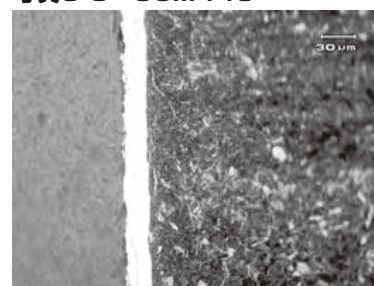
↑ (化合物層) ↑ (拡散層)

写真8-2 S45C



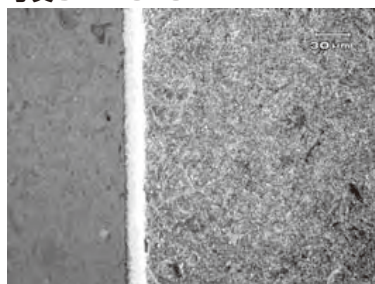
↑ (化合物層) ↑ (拡散層)

写真8-3 SCM440



↑ (化合物層) ↑ (拡散層)

写真8-4 SK5



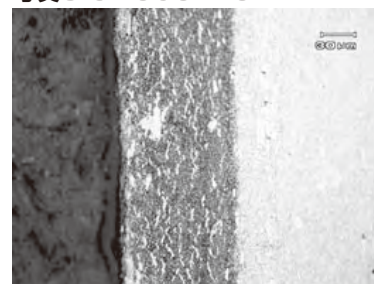
↑ (化合物層) ↑ (拡散層)

写真8-5 SKD61



↑ (化合物層) ↑ (拡散層)

写真8-6 SUS440



↑ (窒化層)

9 ステンレス鋼の窒化処理

1) ステンレス鋼への窒化処理

ステンレス鋼は耐腐食性に優れている鋼です。耐摩耗性の改善、かじり防止、変形防止等の目的で窒化処理することが多々ありますが、表面にあるクロム酸化物の不動態被膜により窒素の侵入が阻害されるため、活性化処理が必要となります。

当社では、安定した処理層を得るため、物理的除去方法であるショットブラストまたは、化学的除去方法を併用しています。

ガス窒化処理は、イオン窒化等と違い、グロー放電を確保する必要がないため、形状、装入量、大小の区別の必要がなく、安定した処理層が得られます。

図9-1に同じ条件（40Hr）でステンレス鋼を窒化処理した場合の材質による断面硬さ分布の違いを示します。材質により、硬化層厚さは、異なりますが、ビッカース硬さ1000以上の硬化層が得られます。写真9-1に窒化層の断面組織を示します。

図9-1 窒化処理したステンレス鋼の断面硬さ分布（40時間処理）

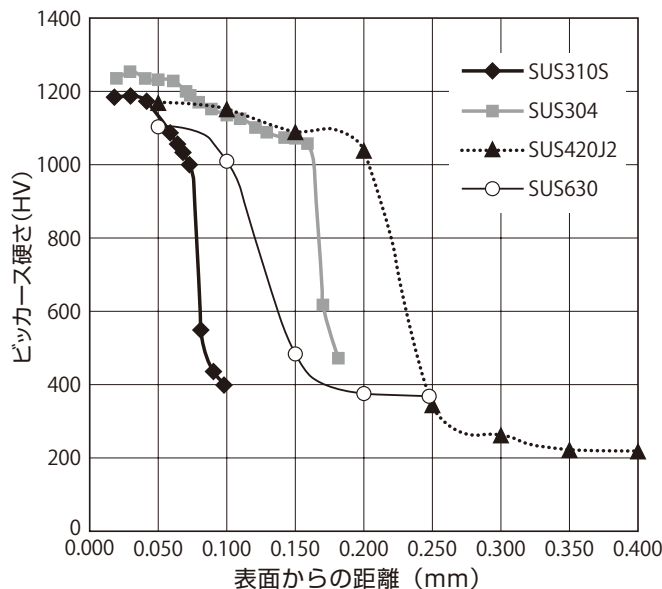


写真9-1 窒化処理したSUS304の断面組織

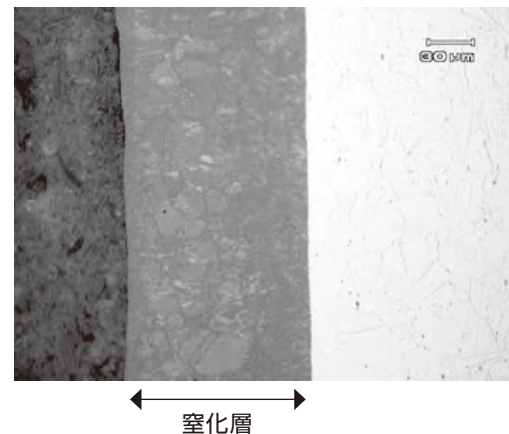


表9-1 SACM645とSUS304の酸に対する腐食比

※（試験条件：48時間静水浸漬 腐食減量：g/m²/h 腐食比＝未処理物の腐食減量/窒化処理物の減量）

腐食液（5%水溶液）		H ₂ SO ₄ （硫酸）		HNO ₃ （硝酸）		HCL（塩酸）	
試料		未処理	窒化	未処理	窒化	未処理	窒化
SACM645	腐食減量	102.42	111.74	48.32	52.46	62.9	32.85
	腐食比	0.9		0.9		1.9	
SUS304	腐食減量	0.15	11.25	0.04	7.77	1.73	2.39
	腐食比	0.013		0.005		0.7	

ステンレス鋼未処理材は硫酸、硝酸、塩酸のような強酸に対し窒化鋼（SACM645）と比較すると耐腐食性は非常に優れていますが、窒化すると耐腐食性は劣化します。それでも腐食減量は窒化鋼に比べるとだいぶ少なくなっています。一方窒化鋼は未処理材でも窒化しても、耐腐食性はそれほど変わりません。

2) SP処理

ステンレス鋼、特に耐腐食性が要求されるオーステナイト系ステンレス鋼に窒化処理を施した場合、本来耐腐食性に寄与すべき、クロムが硬化層形成に寄与するため、耐腐食性が母材よりも低下してしまいます。

当社の「SP処理」は、従来の窒化処理と異なり、以下のような特徴があります。

- HV1000以上の硬化層を有します(図9-2参照)

従来の窒化処理と異なり、窒素化合物で硬化させるのではなく、窒素を侵入固溶させることにより硬化させます。窒素は、実用的な固溶体硬化元素で最大の強化作用を持ちます。

- 窒化処理よりも低い温度(450℃以下)で処理するため、さらに変形が少なくなっています。

- 耐腐食性が低下しません(30日の塩水噴霧試験でも、発錆しません。)
窒素の添加は、耐孔食性、耐隙間腐食等を改善させます。

写真9-2
SUS316(SP処理)断面組織

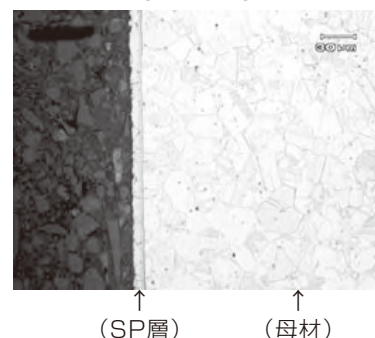
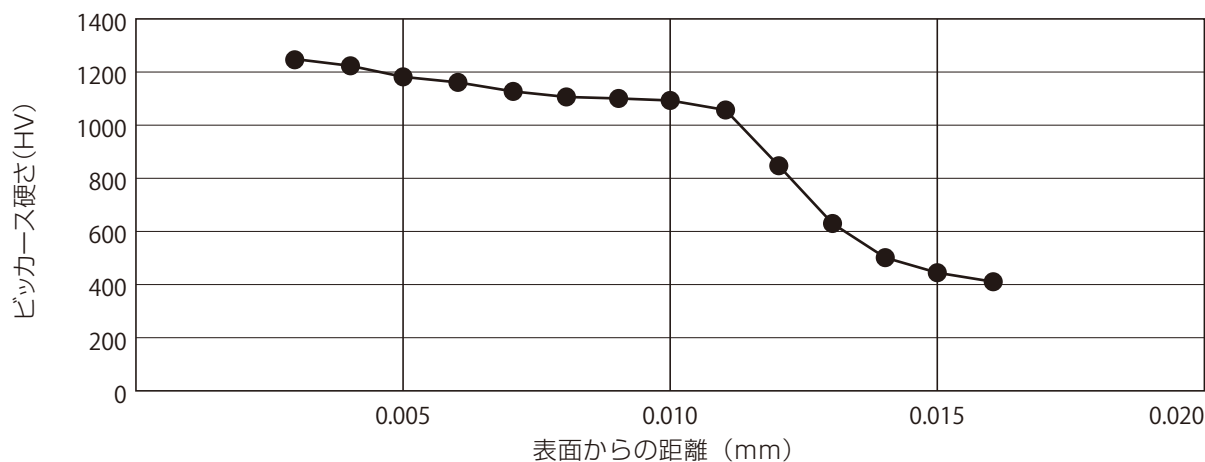


図9-2 SP処理したステンレス鋼 (SUS316) の断面硬さ分布



3) ステンレス鋼の窒化処理、SP処理の用途

- ステンレス鋼製配管内部へ処理を施し、スラリーエロージョンの防止
- 摺動部の摩耗防止
- はんだ付けウェーブ槽内部、部品等にSP処理を施し、侵食防止
- チェーン、ベルト、レール等に窒化処理を施し、摩耗によるコンタミ防止
- 薄肉カッターの変形、摩耗防止
- ボルト等のかじり防止
- 食品機械の摩耗防止
- 医療用機械の摩耗防止

10 ガス窒化処理とガス軟窒化処理の違い

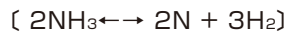
窒化処理は、浸炭焼入れおよび高周波焼入れとは異なり、 NH_3 ガス中で約500℃に加熱し、鋼の表面に窒素を浸透させて硬化層を生成させる事が特徴であり、その後焼入れなどの操作を必要としません。

従って窒化の処理温度は、他の表面硬化法とは異なり、500～600℃の低温で、 α -Fe域の処理であるため、窒化

処理を施しても窒化による直接的な寸法変形は少なくなります。また窒化層の最表面層には、安定な圧縮応力が存在するため耐摩耗性と耐疲労性を有します。約600℃近くまで温度が上昇しても軟化が起こらず、熱的にも安定であり、耐腐食性も比較的良好であるので工業的に広く応用されています。

1) 窒化法

ガス窒化法は、活性窒素の拡散により鋼表面の高硬度の拡散層を得ることですが、その窒化機構は



の反応で NH_3 ガスの分解によって生じた発生期のNを鋼に拡散させて窒化層を得ます。

鋼は分子状の窒素(N_2)でも極めて微量に吸収しますが、その量は0.0005%前後に過ぎません。したがって分子状の窒素では、事実上全く窒化しないと考えます。

NH_3 は、窒化の処理温度で容易に分解し、これによって生じたNが鋼に拡散して窒化物を作りますが、鉄と窒素の化合物は面心立方格子の Fe_4N と稠密(ちゅうみつ)六方格子の Fe_2N の2種類であり、窒素の最高量は11.1%です。

窒素濃度が11%を超えると ζ 相(Fe_2N)は韌性に乏しいので、 ζ 相の生成を避けなければなりません。

純鉄・炭素鋼またはNi・Coなどは窒化しても硬化しませんが、Al・Cr・Mo・Ti・Vなど安定な硬い窒化物を作る金属元素を含有する合金鋼は著しく硬化作用を受けます。すなわち、Nと化合して高い硬さの窒化物を生成する物は顕著な硬さが認められます。

従って窒化処理は、組織の変化によって硬化するものではなく、硬さの高い窒化物を作ることによって著しく硬化する現象であるため、窒化処理後も浸炭焼入れなどと異なって急冷する必要はありません。

しかし窒化による硬化説には従来より種々の説があり、発生期の窒素原子が鋼中のAl・Cr・Mo等と硬さの高い窒化物を作り、その微粒子が鉄格子のすべり干渉を起こし、そこに著しい歪みを与える結果高い硬さを生ずるとする説、また窒化物が α 鉄格子中に発生するために生じた α 格子の歪みに起因するという説などがあります。

2) ガス軟窒化法

ガス軟窒化は塩浴軟窒化の公害問題が発生した時期に、塩浴窒化の代替技術として開発されたもので、ガス窒化とはまったく別の処理です。

ガス窒化は浸炭に代わって、より強度・精度を必要とする部品に対して行われるもので、窒化鋼やダイス鋼などの高級材料に使用される例が多くなっています。一方ガス軟窒化は、

炭素鋼などを主体にした低級材料への処理が多くなります。材質によっては、結果的にガス窒化により化合物層が厚く生成されたり、ガス軟窒化により拡散層が生成されたりします。

表10-1にガス窒化と軟窒化を比較し、その特徴の違いを示します。

表10-1 ガス窒化処理とガス軟窒化処理の違い

窒化法	ガス窒化	ガス軟窒化
材 質	高級鋼 SACM・SKH・SKD・SCM・SUP	低級鋼 SPC・炭素鋼・鋳鉄・STKM
目的の組織	拡散層 Al・CrとNとの化合物(Fe-Al-N ・ Fe-Cr-N)	化合物層 FeとNとの化合物(Fe_3N ・ Fe_4N)
硬化層深さ	深い 0.1～1.0mm	浅い 8～20 μm
表面硬さ	高い HV700～1300	低い HV400～700
処理時間	長い 25～200時間	短い 1～3時間

11 窒化不良が発生する原因

一般に起こりやすい窒化不良にはつぎのものがある。

(a) 窒化層の硬さ不足、深さ不足

- ① 使用鋼材の化学組成、組織、熱処理などが不適当
- ② 処理温度、処理時間あるいはNH₃流量が不足するなど窒化操作が不適切

(b) 窒化表面の着色

- ① 品物の脱脂、洗浄など前処理が不十分
- ② 窒化ケース内の油、シール部の洩れによる空気
の吸い込み
- ③ 150℃以上で窒化ケース内に空気が混入

(c) 寸法変化及び変形

- ① 窒化前の応力除去なましが不十分
- ② 窒化処理中の品物(長物)の炉内支持不良
- ③ 炉内処理雰囲気の不均一性で部分的に窒化条件
が異なる場合、また窒化防止処理などで部品の
箇所によって処理仕様が異なる場合

(d) 亀裂、剥離

- ① 鋭い角を持つ品物
- ② 化合物層の多いもの
- ③ 一般熱処理時の脱炭発生

(e) 厚い化合物層

- ① 処理温度の低すぎるもの
- ② NH₃の分解率15%以下での窒化
- ③ 処理温度から冷却途中にNH₃を多量に流した場合

12 現在までに窒化処理した主なる機械部品

(a) 内燃機関

ディーゼルエンジン噴射弁母体
燃料ポンププランジャー
// スリーブ
燃料弁保持器衡棒
// バネ受
エンジンシリンダー
タービン部品
シールリング

(b) 工作機械

中グリ軸
クイル軸
ウームギヤー
// フォイール
ヘリカルギヤー
センタースリーブ
ギヤーソケット
扁心スリーブ

(c) 建設機械

ギヤリング
カップリングギヤ

(d) 産業機械

加熱筒
プランジャー
スクリュウ
ホッパーライナー
チップ
射出シリンダー
タイバー
ブレーキ軸
円スイ座金
平歯車
クランク歯車軸
ピン
伝達歯車軸
モーターピニオン
球面座金
ローラー
換歯車
リング
グースネック
ブッシュ
ローラー用レール
原動軸
オイルポンプ楕円ギヤー
// プランジャー

// ライナー
// バルブシート
オイルシール
金型

(e) ダイキャストマシーン

ダイキャスト金型
// ブッシュ
// プランジャー
// ライナー

(f) 工具類

各種ドリル
リーマー
金型
各種バルブ

(g) 航空機部品

六角ボルト
メイティングリング

(h) 自動車部品

クランクシャフト
ピストンピン

13 窒化に適した鋼の成分表

表 13-1 窒化に適した鋼の成分

記 号	化 学 成 分 (%)											備 考
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	W	V	Co	Al	
SCM430	0.28 ~0.33	0.15 ~0.35	0.68 ~0.90	0.25 以下	0.90 ~1.20	0.15 ~0.30						小物軸類
435	0.33 ~0.38	"	"	"	"	"						強力ボルト、スタッド軸類、 アーム類
440	0.38 ~0.43	"	"	"	"	"						歯、軸類、アーム類
445	0.43 ~0.48	"	"	"	"	"						大型軸類
415	0.13 ~0.18	"	"	"	"	0.15 ~0.25						はだ焼用ピストンピン、歯車、 軸類
SNCM 630	0.25 ~0.35	0.15 ~0.35	0.35 ~0.60	2.50 ~3.50	2.50 ~3.50	0.50 ~0.70						強力ボルト、歯車、割環
240	0.38 ~0.43	"	0.70 ~1.00	0.40 ~0.70	0.40 ~0.60	0.15 ~0.30						軸類、アーム類
439	0.36 ~0.43	"	0.60 ~0.90	1.60 ~2.00	0.60 ~1.00							軸類、歯車類
220	0.17 ~0.23	"	"	0.40 ~0.70	0.40 ~0.70							はだ焼用歯車、軸類
SUS304	<0.08	<1.00	<2.00	8.00 ~10.5	18.00 ~20.00							オーステナイト系
310S	"	<1.50	"	19.00 ~22.00	24.00 ~26.00							オーステナイト系
316	"	<1.00	"	10.00 ~14.00	16.00 ~18.00	2.00 ~3.00						オーステナイト系
329J1	"	"	<1.50	3.00 ~6.00	23.00 ~28.00	1.00 ~3.00						オーステナイト・フェライト 系
405	"	"	<1.00		11.50 ~14.50	"					0.10 ~0.30	フェライト系
430	<0.12	<0.75	<1.00		16.00 ~18.00							フェライト系
403	<0.15	<0.15	<0.50		11.50 ~13.00							マルテンサイト系
420J2	0.26 ~0.40	<1.00	<1.00	(2)	12.00 ~14.00							マルテンサイト系
630	<0.07	"	"	3.00 ~5.00	15.00 ~17.50		3.00 ~5.00					析出硬化系 Nb 0.15~.45
SUH31	0.35 ~0.45	1.50 ~2.50	<0.60	13.00 ~15.00	14.00 ~16.00			2.00 ~3.00				
3	"	1.80 ~2.50	"		10.00 ~12.00	0.70 ~1.30						マルテンサイト系
4	0.75 ~0.85	1.75 ~2.5	0.20 ~0.60	1.15 ~1.65	19.00 ~20.50							マルテンサイト系
SKH2	0.73 ~0.83	<0.45	<0.40		3.80 ~4.50			17.20 ~18.70	1.00 ~1.20			一般切削用 その他各種工具
3	"	"	"		"			17.00 ~19.00	0.80 ~1.20	4.50 ~5.50		高速重切削用 その他各種工具
4	"	"	"		3.80 ~4.50			"	1.00 ~1.50	9.00 ~1.50		マルテンサイト系
SKD1	1.90 ~2.20	0.10 ~0.60	0.20 ~0.60		11.00 ~13.00							冷間金型用、 線引きダイス、抜き型
11	1.40 ~1.60	<0.40	<0.60		"	0.80 ~1.20			0.2 ~0.500			冷間金型用、 プレス型、ゲージ
12	0.95 ~1.05	0.10 ~0.40	0.40 ~0.80		4.80 ~5.50	0.90 ~1.20			0.15 ~0.35			"
5	0.25 ~0.35	"	0.15 ~0.45		2.50 ~3.20			8.50 ~9.50	"			熱間金型用、プレス型、ダイ カスト用ダイス
6	0.32 ~0.42	0.80 ~1.20	<0.50		4.50 ~5.50	1.00 ~1.50			0.30 ~0.50			"
7	0.28 ~0.35	0.10 ~0.40	0.15 ~0.45		2.70 ~3.20	2.50 ~3.00			0.40 ~0.70			"
61	0.35 ~0.42	0.80 ~1.20	0.25 ~0.50		4.80 ~5.50	1.00 ~1.50			0.8 ~1.15			"

14 硬さ換算表

表14-1 鋼のビッカース硬さに対する近似的換算値

ビッカース HV	ショアー HS	ロックウェル Aスケール 荷重60Kg HRA	ロックウェル Cスケール 荷重150Kg HRC	ロックウェル スーパーフィッシャル 荷重15Kg R (15-N)	ブリネル HBW	ヌーブ HK
1160	106	87.0	71	—	—	—
1050	100	86.5	70	—	—	963
1004	99	86.0	69	93.5	—	946
940	97	85.6	68	93.2	—	920
900	95	85.0	67	92.9	—	895
865	93	84.5	66	92.5	—	870
832	90	83.9	65	92.2	—	846
800	89	83.4	64	91.8	—	822
772	87	82.8	63	91.4	—	799
746	85	82.3	62	91.1	—	776
720	83	81.8	61	90.7	—	754
697	82	81.2	60	90.2	614	732
674	80	80.7	59	89.8	600	710
653	78	80.1	58	89.3	587	690
633	77	79.6	57	88.9	573	670
613	75	79.0	56	88.3	560	650
595	74	78.5	55	87.9	547	630
577	72	78.0	54	87.4	534	612
560	70	77.4	53	86.9	522	594
544	69	76.8	52	86.4	509	576
528	68	76.3	51	85.9	496	558
513	66	75.9	50	85.5	484	542
498	65	75.2	49	85.0	472	526
484	63	74.7	48	84.5	460	510
471	62	74.1	47	83.9	448	495
458	61	73.6	46	83.5	437	480
446	60	73.1	45	83.0	426	466
434	58	72.5	44	82.5	415	452
423	57	72.0	43	82.0	404	438
412	56	71.5	42	81.5	393	426
402	55	70.9	41	80.9	382	414
392	54	70.4	40	80.4	372	402
382	53	69.9	39	79.9	362	391
372	52	69.4	38	79.4	352	380
363	51	68.9	37	78.8	342	370
354	50	68.4	36	78.3	332	360
345	49	67.9	35	77.7	322	351
336	48	67.4	34	77.2	313	342
327	47	66.8	33	76.6	305	334
318	46	66.3	32	76.1	297	326
310	45	65.8	31	75.6	290	318
302	44	65.3	30	75.0	283	311
294	43	64.6	29	74.5	276	304
286	42	64.3	28	73.9	270	297
279	41	63.8	27	73.3	265	290
272	40	63.3	26	72.8	260	284
266	39	62.8	25	72.2	255	278
260	38	62.4	24	71.6	250	272
254	37	62.0	23	71.0	245	266
248	36	61.5	22	71.5	240	261
243	35	61.0	21	69.9	235	256
238	34	60.5	20	69.4	230	251
230	33	—	18	—	219	—
220	32	—	16	—	209	—
210	30	—	13	—	200	—
200	29	—	11	—	190	—
190	28	—	9	—	181	—
180	26	—	6	—	171	—
170	25	—	3	—	162	—
160	24	—	0	—	152	—
150	22	—	—	—	143	—
140	21	—	—	—	133	—
130	20	—	—	—	124	—

窒化層は薄い為、この硬さ測定は普通マイクロビッカース(荷重200g又は100g)、ロックウェルスーパーフィッシャル(15-N)で測定します。しかし種々の形状の部品を窒化処理し硬さ測定する場合は主にショアー硬さ計を使用します。この測定値は窒化硬さ、窒化層厚さ、地の硬さの影響が大きいため、測定値と他の硬さ計との換算値は一致しない点にご注意下さい。

15 当社設備内容

直径約2.3mの大型炉、超大型炉と長さ約6.8mの長尺炉を所有していますので、大型部品、長尺部品、量産部品の処理に対応可能です。

経験によって培われた技術者が製品に最適な設備・機器を組み合わせ、品質の高い製品作りを行っています。

表 15-1 設備・機器類

設備名称	仕様	数
制御盤（温調計、温度記録計）	各炉	
液化アンモニアボンベ	500kg	4
液化アンモニアボンベ	1t	0
ペーパライザー	30kg/ℓ、60kg/ℓ	2
コールドエバポレーター（液化窒素）		1
LPGバルク装置		1
アンモニア分解率測定器		1
排アンモニアガス脱臭・燃焼装置		1
ガス流量計	各炉	
コンプレッサー		2
ショットブラスト		2
クレーン	250kg	2
クレーン	1t	6
クレーン	2t	5
クレーン	2.8t	2
クレーン	4.8t	0
クレーン	15t	1
ダイヤモンドコントローラー		1
キュービクル		1
マイクロビッカース硬さ試験機		2
ビッカース硬さ試験機		1
ロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験機		1
ロックウェルCスケール硬さ試験機		1
ショアー硬さ試験機		4
金属顕微鏡		1
マイクロメーター		2
試料切断機		1
埋込機		1
試料乾燥機		1
研磨機		1
超音波洗浄機		1
硬さ基準片	HS70、90、HRC40、HR15N、HR30N	各1
校正炉		1
標準熱電対（マスター）		1
ポータブル温度記録計		2
4tトラック		2
3tトラック		1
2tトラック		1
2.5tフォークリフト		1
1.8tフォークリフト		1
社用車		2

表 15-2 窒化処理炉 (mm)

炉No.	有効寸法（有効加熱帯）	
	直径	長さ
1	2,180	2,640 (2,050)
2	1,240	6,810 (6,700)
3	1,040	2,790 (2,290)
4	1,080	3,100 (2,650)
5	1,050	1,630 (1,250)
6	1,030	2,315 (1,950)
9	680	1,550 (1,230)
10	780	1,450 (1,350)
11	1,040	1,630 (1,250)
12	1,040	2,765 (2,265)
13	1,000	3,480 (-)
14	740	5,240 (4,700)
15	1,040	1,630 (1,200)
16	1,040	1,625 (1,250)
17	1,400	1,565 (1,399)
18	2,295	3,200 (1,980)
19	1,710	2,475 (2,200)
20	490	800 (-)
21	1,320	1,590 (1,349)
22	1,320	1,590 (1,349)
23	1,690	2,930 (2,200)
25	2,290	3,106 (2,500)
26		
27	2,690	3,115 (2,300)

※25号炉、27号炉は現在休止中です。

(2017年7月1日現在)

※有効加熱帯は、内寸よりもせまい範囲になります。



マイクロビッカース硬さ試験機



株式会社 **極東窒化研究所**

〒259-1303 神奈川県秦野市三屋42番地
TEL.0463-75-2211(代) / FAX.0463-75-3515



<http://www.kyokutou-tikka.com>



tech@kyokutou-tikka.com
(技術的なことに関するお問い合わせ)
general@kyokutou-tikka.com
(それ以外のことに関するお問い合わせ)