

# ヤスリ製造技術マニュアル

## 目次

- ・ 鉄鋼のできるまで . . . . . 1
- ・ 鉄と鋼 . . . . . 3
- ・ 各元素は刃物鋼にどのように  
影響するか . . . . . 6
- ・ やすり材の圧延 . . . . . 9
- ・ 鍛造（火造り）成形 . . . . . 15
- ・ 焼なまし . . . . . 24
- ・ 味噌付け . . . . . 63
- ・ 焼入れ . . . . . 68

## ・鉄鋼のできるまで

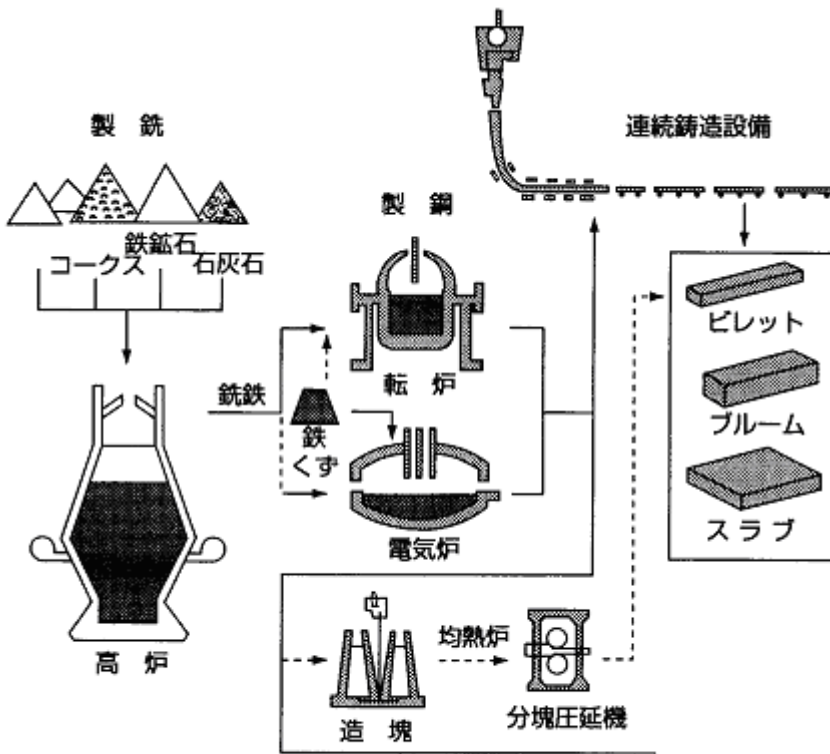
石が鉄になった。大昔の人は、石の上で焚き火をしていて鉄を見つけたという。現在では、炉の中で石を溶かし鉄に変える。炉は高炉（溶鉱炉）と呼ぶ巨大な構造物、石は鉄分を含む鉄鉱石（約60%の鉄分）、鉄に生まれ変わるプロセスはこうだ。

### 製鉄

巨大な高炉に鉄鉱石（磁鉄鉱  $Fe_3O_4$ ・赤鉄鉱  $Fe_2O_3$ ）、コークス、石灰石を入れ、1300 の熱風を吹きこむ。そうすると、コークスは燃えて1800 近くの高

温ガスが発生し、鉄鉱石を溶かしながら還元という作用で鉄鉱石と強く化合している酸素を奪い取っていく。溶けた鉄は炉の中を流れ落ち、コークスの炭素と接触してさらに酸素を取られ、炉の底にたまる。できた鉄を銑鉄という。銑鉄には鋼の原料になる製鋼用銑と鋳物の原料となる鋳物銑がある。

鉄鉱石の中には鉄分のほかに、脈石という無用な岩石が含まれているので、鉄分に混じり込まないように石灰石と化合させる必要がある。石灰石と結びついた脈石はスラグとなって除去される。このスラグは高炉セメントとして利用されたり、



鉄鋼の製造工程

り、地盤改良材に使われたりする。

### 製鋼

銑鉄は炭素分（C）を4～5%も含み、また、珪素（Si）、リン（P）、イオウ（S）なども多いため硬くてもろい。これをねばりのある強靱な鋼にするため鋼をつくる別の炉の中に入れ、炭素や不純物を少なくする。現在利用されている鋼をつくる炉（製鋼炉）は、転炉と電気炉である。

転炉は「火を使わずに溶鋼をつくる方法」と、発明者のヘンリー・ベッセマーは説明した。その方法は溶けた銑鉄を壺型の転炉にいれ、そして石灰石を投入し、炉の上から高圧にした酸素を吹き込むことによって行われる。酸素は銑鉄中のCやSi、マンガン（Mn）などと急速に反応し、酸化熱を発生して燃焼させる。この燃焼で生じた酸化物や、P、Sなどの不純物は石灰石と化合して、スラグ（転炉滓）となり排出される。この操作を精錬と呼ぶ。精錬が終わりできたものが鋼である。

電気炉は文字どおり電気の熱を利用して鋼をつくる。炉の形はふたのついた鍋に似ている。原料は転炉とちがって溶けた銑鉄ではなく、鉄くずを使用する。炉に電流を流すと黒鉛の電極と鉄くずの間にアークが発生し、その熱で鉄くずは溶けていく。溶けた鉄くずの中の酸素やSを取るために粉末のコークス、石灰石などを加えて、精錬すると鋼ができる。

種 類		化 学 成 分 %						
		C	Si	Mn	P	S	Cu	
1 種	1 号	3.50 以上	1.20 以下	0.40 以上	0.300 以下	0.050 以下	—	
	2 号	3.50 以上	1.40 以下	0.40 以上	0.500 以下	0.070 以下	—	
3 種	1 号	A	3.50 以上	0.50 以下	0.40 以下	0.350 以下	0.050 以下	0.02 以下
		B	3.50 以上	0.50 以下	0.41 以上	0.350 以下	0.050 以下	0.02 以下

できあがった鋼は、造魂という工程で鑄型のなかに注ぎこまれ、鋼現になる。さらに、鋼魂は均熱炉で加熱され、分魂圧延機で伸ばされてピレット（小鋼片）・ブルーム（大鋼片）・スラブ（厚鋼片）などと呼ばれる半製品になる。

最近では連続鑄造といって、できあがった鋼を取鍋に注入し、さらに冷やしている鑄型に導き、固まった鋼を鑄型の底から連続して引きだし、ロールで圧延していく方法がある。圧延して帯状に伸ばされた鋼片は、ガス炎で所定の長さに切断され、ピレット・ブルーム・スラブになる。

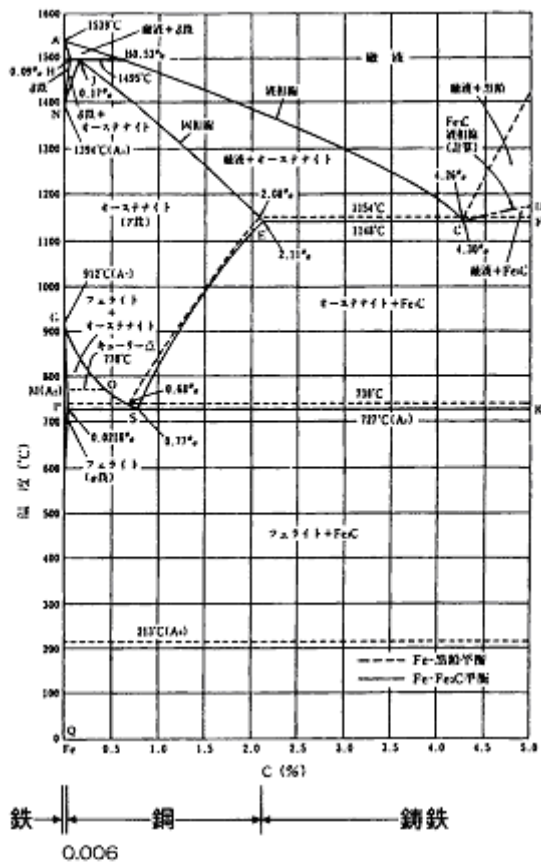
ピレット：小鋼片。断面は主に 40 ~ 150mm 角の長方形、長さは 1 ~ 2 . m。断面が円形のものもある。条鋼、線材、帯鋼などの原材料となる。

やすり材は径が 25 ~ 50mm の丸いピレットを圧延する。

#### 参考文献

- ・（社）日本鉄鋼連盟；鉄ができるまで、（社）日本鉄鋼連盟
- ・（社）日本鉄鋼連盟；みんなの鉄、（社）日本鉄鋼連盟
- ・岡本正三；鉄鋼材料、コロナ、S41
- ・大和久重雄；鋼のおはなし、日本規格協会、1985
- ・日本規格協会

鉄と鋼



Fe-C系平衡状態図

含有成分による鋼の種類		
鋼の種類	成分の特徴	製品の例
炭素鋼	C(炭素) 0.12%以下	自動車、冷蔵庫、洗濯機などの薄い板金、電圧線、プライン等、トランス
	0.12%~0.30%	船舶、建物の鉄骨、鉄橋などの棒鋼、形鋼、鋼材、ボルト、ボルト母、針金、釘
	0.30%~0.50%	汽車、電車の車輪、車軸、歯車などの機械部品、ばね
	0.50%~0.80%	機関車の車輪、レール、ワイヤロープ、ばね
炭素工具鋼	0.80%~1.5%	かんざし刃、刃物鋼、やすり、バイト、モンバイ、ペン先、よく削れる刃先
合金鋼	Si 0.3%~2%	モーター、トランス
	Ni 0.4%~1.5%	バルブ、ナット、軸、歯車、タービン翼
	Co 0.4%~1.1%	
	Mn 0.15%~0.7%	
合金工具鋼	Cr 1.5%以下	バイト、ダイス、ポンチ、タガメ、鋸
	W 1.0%以下	
軸受鋼	Mn 0.9%~1.6%	軸受、ベアリング
	Co 0.09%~0.25%	
高炭素鋼	Cu, Ni, Cr各1%以下	建築、橋梁、船舶、鉄道、風山、自動車
ステンレス鋼	Ni 8.0%~16%	食器、器具、化学工業機械部品、自動車、建築材、電線
	Cr 11.0%~20%	
特殊鋼	Ni 13.0%~22%	特殊エンジン
	Cr 8.0%~20%	
高速鋼	W, Co 6.0%~22%	強力バイト、ドリル

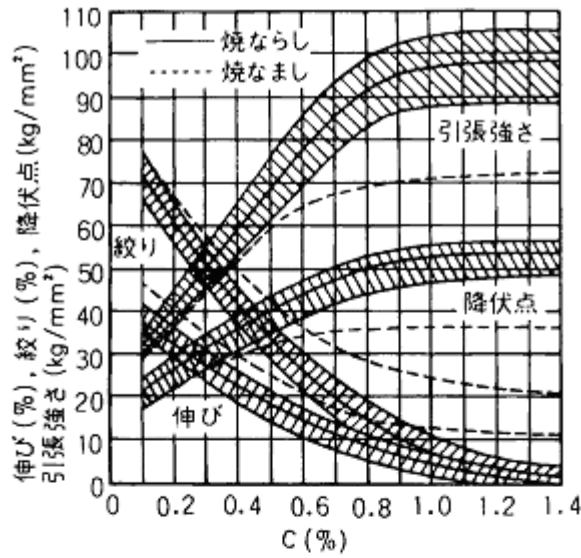
「鉄は熱い打ちに打て」の鉄や、「薄い鉄板」、「コンクリートの鉄筋」などといわれる鉄は、鉄ではなく鋼のことである。そうすると、鉄と鋼の違い、鉄とは、鋼とはが問題になる。

鉄の定義は、学術書によると常温で、純鉄にCを0.006%含む合金である、という。そのような鉄はあまりにも弱いもので工業界では利用されず、使用しているとすれば企業や大学の研究室、国・地方の研究機関ぐらいであろう。ゆえに、-我われが目にして鉄は、ほとんどすべて鋼である。

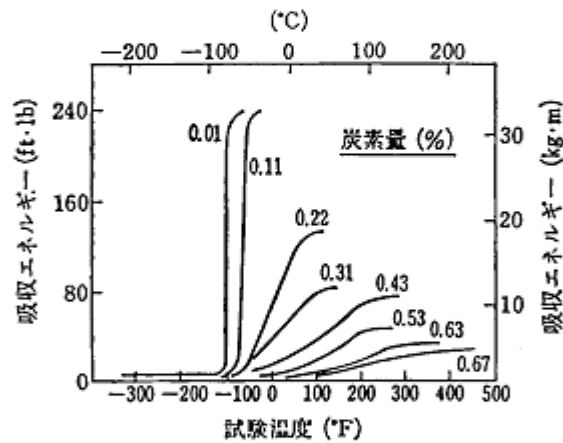
鋼は含まれている成分によって、炭素鋼と合金鋼にわけられる。炭素鋼は文字どおりCのみを含有し、その量の多少で極軟鋼、軟鋼、硬鋼、最硬鋼、炭素工具鋼に分類される。また、別の分け方では、鉄に炭素がいかほど入っているかで鉄、鋼、鋳鉄とに区分される。大まかにいえば、C量が0(ゼロ)のものが鉄(Fe)、Cが多からず少なからず適当に入っているものが鋼、多すぎるぐらい入っているものが鋳鉄(鋳物)ということができる。炭素鋼にニッケル(Ni)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、バナジウム(V)、コバルト(Co)などの合金元素が入ると調味料のような作用で、特殊な性質を発揮するようになる。合金元素入りの鋼を合金鋼という。鋼にとって一番重要な元素は、Cである。C量がふえると鋼の強さを表す降伏点・引っ張り強さ・硬度は上がり、強く硬くなる。その理由は、FeにCが入ると、化合してFe<sub>3</sub>C(セメンタイト)となる。化合物セメンタイトはセメントのように硬いのでその名があり、このセメンタイトがFe中に分散しているから強く硬いわけである。反面、Cが多量に入ると伸び・絞り・衝撃値などが下がりもろくなる。やすりに使用される材料は、炭素鋼の中でもC量の最も多い炭素工具鋼である。このクラスの材料は刃物に用いられ、昔は、鋼は刃金の字を当てていたこともあり、ハガネの代表選手のようなものだった。また、刃物といえれば日本刀、日本刀といえれば焼入れというように、刃物に命を吹きこむ焼入れは、不可欠である。当然、やすりも刃物・工具の一種である。

参考文献

- ・(社)日本鉄鋼連盟；鉄ができるまで、(社)日本鉄鋼連盟
- ・(社)日本鉄鋼連盟；みんなの鉄、(社)日本鉄鋼連盟
- ・大和久重雄；鋼のおはなし、日本規格協会、1985
- ・日本熱処理協会；特殊鋼の熱処理、日刊工業新聞社、S45



焼ならしおよび焼なまし状態の機械  
構造用炭素鋼の機械的性質とC%の  
関係 (直径25mm丸棒)



衝撃値と試験温度との関係におよ  
ぼす炭素量の影響 (Pellini, Brandt,  
Layne)

### 機械的性質の特性

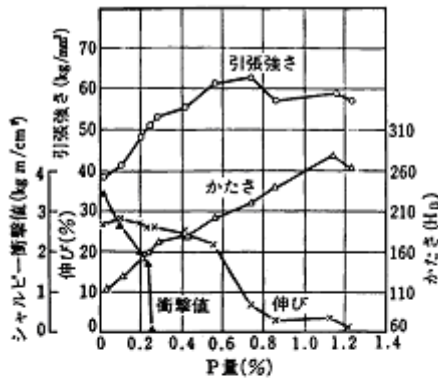
機械的性質	硬くなると	同じ硬さなら	
		生 材	調質材
引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	大	同じ	同じ
降伏点 (kgf/mm <sup>2</sup> )	大	小	大
伸び (%)	小	小	大
絞り (%)	小	小	大
衝撃値 (kg·m/cm <sup>2</sup> )	小	小	大

各元素は刃物鋼にどのように影響するか

炭素の影響

Cは最も大切な元素である。Feに含まれるCが0.6%までは焼入れ硬さを上昇させ、それ以上のC%になっても焼入れ硬さはあまり変わらない。1.3% Cの刃物鋼になると焼入れ硬さはビッカース硬さ850、900になる。前述したようにCはFeと化合して、ビッカース硬さ1300以上の非常に硬いFe<sub>3</sub>Cをつくり、焼入れによってできる硬いマルテンサイトと相まって、耐磨耗性を向上させる。結果、刃物の切れ味がよくなり、切れ味が持続する。

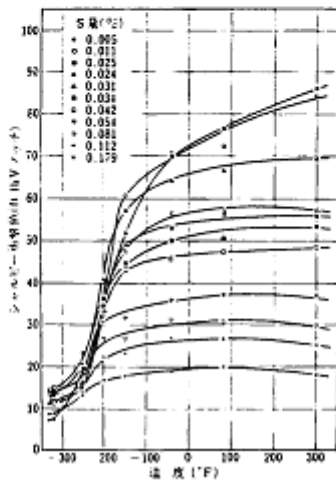
刃物の種類によって違うが、含まれるC量は0.6～1.5%の範囲である。やすりは約1.3%のC量を含有する。



軟鋼の機械的性質に及ぼすPの影響 (d'Amico)

珪素の影響

Siは製鋼時に溶鋼中の酸化物を除く脱酸剤として最も有効な元素である。Siが多くなると塑性を害し、鍛造が難しくなる。刃物には0.1～0.2%が望ましい。切削に使用する工具鋼の日本工業規格(JIS)では0.35%以下としているが、A社の刃物鋼の規格は0.1～0.2%である。



いおう素を添加するNi-Cr-Mn鋼の温度-衝撃的性質 (Hedge et al.)

マンガンの影響

Mnは刃物鋼の焼入れ性を増し、焼きがよく入るようにする。Siと同様脱酸剤として使用する。Mnは鋼中のSと化合して硫化マンガンをつくり、鍛造時にもろくなる赤熱ぜい性を防止する。切削工具では0.5%以下に規制している。

リンの影響

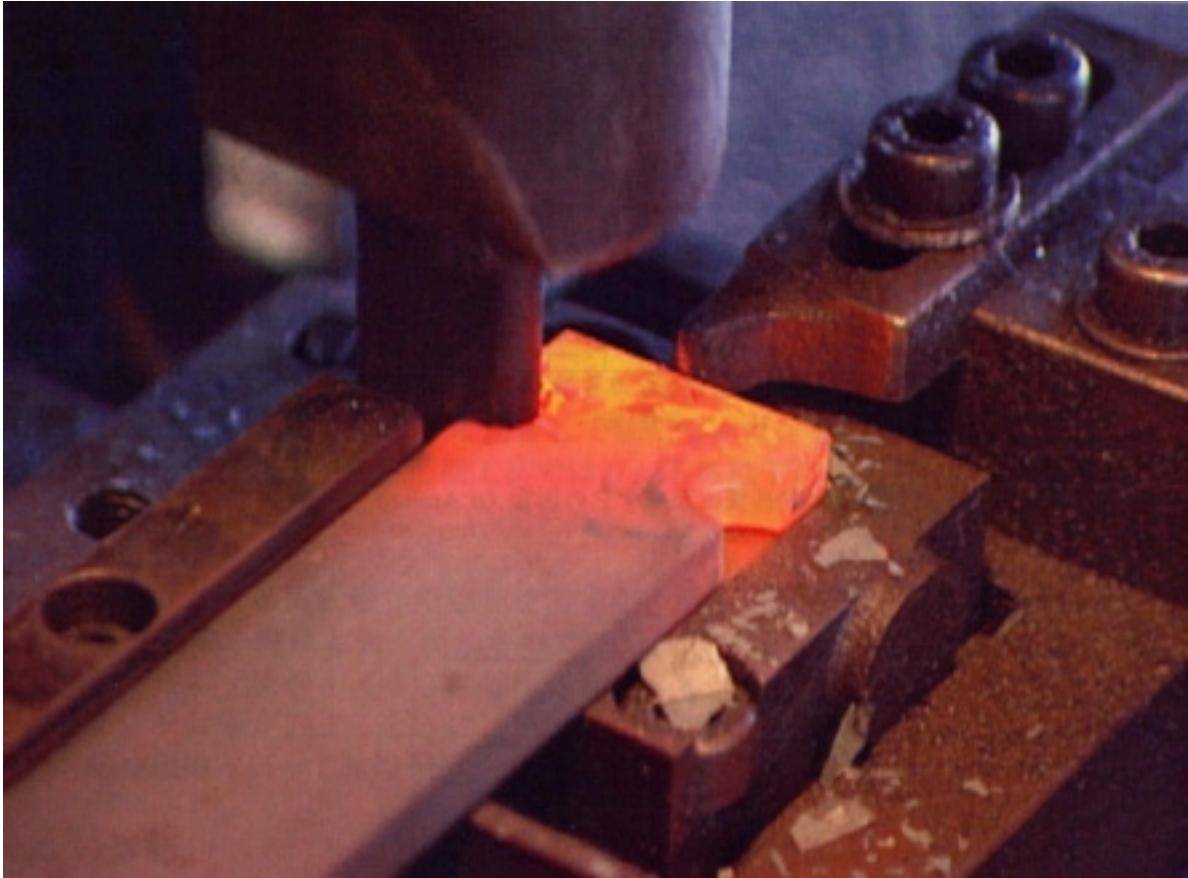
Pは有害な元素である。硬さや強さを増すが、延性を下げ衝撃値を悪くする。Pの影響はC量の高い鋼ほど強く現れるので、刃物鋼には嫌われる成分である。0.03%以下と他の元素の1/10に制限されている。A社の刃物鋼は0.025%以下である。Pは鋼が固まるときに、P元素だけが集団結合する性質(偏析)が強いため、繊維組織といって組織がバンド状に現れやすい。

イオウの影響

SはP同様好ましくない有害な元素である。鋼をもろくし、特に高温での鍛造を阻害する傾向が著しい。炭素量の多い刃物鋼に現れやすい。規制はPと同じ0.03%以下。PとSは刃物鋼にとっては不要な元素で、少なければ少ないほどよい。良質鋼の目安はP、Sの量で判断するほどである。A社は0.004%以下、とより低いオーダーである。

クロムの影響

Crは鋼の硬さを増し、強くする。また、焼なましで炭化物の球状化が促進され、炭化物粒子はより小さくなる。刃物鋼にCrを少量入れると、よく切れ、切れ味が持続する。しかし、切れ味には影響しないという説もある。また、Crを入れると焼が入りやすくなる。切削用の工具鋼には0.2～1.0%、やすりには0.2～0.5%入っている。



#### 参考文献

- ・大和久重雄；鋼のおはなし、日本観格協会、1985
- ・渡利彦四郎ほか；刃物用高炭素鋼の熱処理、日本刃物工具新聞社、S44
- ・小柴定雄；工具材料、丸善、S31
- ・特殊鋼倶楽部；特殊鋼、1975
- ・門閼改三；鉄鋼材料学、実数出版、1973

## ・ やすり材の圧延

磯の香の漂う材料置き場には、束ねられた鋼材が山を築いている。国内の製鋼メーカー2社から送られたものである。それぞれの束には、ロット番号、鋼材名などを印した名刺大の名札がつけられている。鋼材はビレットと呼ばれる切り口が丸い鋼で長さは5mほどあり、やすりになる材料である。直径が25mmのビレットは、5本組の組やすりの平（断面が $3.5 \times 11\text{mm}$ ）に、そして50mm径のものは300mmの鉄工やすりの平（ $7 \times 30\text{mm}$ ）に圧延するという。大型のシヤー（プレス切断機）で1m60cmの定寸に切られたビレットは、10mある加熱炉の入り口に整列させられ、油圧の力で順序よく炉の中に押しこまれる。鋼材が入る炉の入り口は、わずかに開いている。褐色のビレットは紅色の炎に包まれながら、炉の中に消えていく。この方式の炉はプッシャー式加熱炉と呼ばれている一種のトンネル炉である。重油仕様の燃焼バーナー3本が、出口のほうから入り口に向かって火焰放射器のように炎を吹きだす。炉中のビレットは時間の経過とともに紅色から明るさを増す黄紅色に変わり、徐々に出口に押しやられていく。入ってから40分もすると橙色に変色したビレットが炉から出てくる。ビレット温度は、900、950。



加熱炉の出口では、長めのやっこを持つ作業員が待機。合図を確認しあった作業員は、から押しだされた赤熱ビレットをやっこで器用につかみ、高速で回転する圧延ロールに差しこむ。水冷されているロールは、950 の鋼材を差しこまれたため、白い蒸気をまき散らす。ロールからはじき飛ばされるように繰られたビレットは、わずかに蛇行しながら鉄製のガイドを滑り、つぎの圧延ロールに流れていく。粗ロール・中間ロール・仕上列ロールを通過するたびに断面を小さくし、長くなる。仕上列ロールは最終の仕上り形状に矯正する孔型ロールである。所定の形状になるまでに13パスを経る。ロールを通過するスピードは毎秒3m。その様はこ真っ赤な蛇が猛スピードで、右に左にのたうち突き進む光景にも見える。13パスを経、所定の形状になった圧延材には火色



取り出し

はない。しかし、それでも数百度はあるようだ。

ピレットから5本組の平に圧延された材料の長さは、20m、に伸ばされた材料の全長は、15mになる。これらの圧延材は、断後、荷づくりされて各やすりメーカーに発送される。

#### 参考文献

- ・大和久重雄；熱処理技術と材料および試験、地人書館、S39
- ・日本規格協会



取り出し

#### やすり材の化学成分



取り出し

火色と温度認知法

方 法		炭 素 鋼 (°C)	ステンレス (°C)
焼 も ど し 色	わ ら 黄 色	220	290
	褐 色	240	340
	紫 色	260	390
	す む れ 色	280	450
	濃 青 色	290	530
	淡 青 色	320	600
簡 易 法	割ばしがこげたら	400~450	
	火の粉が出たら	500~550	
	燃えだしたら	580~600	
	マッチに火がつく	270	
	マッチの軸がこげる	400	
加 熱 色	暗 赤 色	600	
	暗 桜 実 色	650	
	桜 実 色	700	
	紅 色	750	
	黄 紅 色	800	
	淡 赤 色	850	
	橙 色	900	
	淡 橙 色	1000	
	黄 色	1100	
	淡 わ ら 色	1200	
白 色	1300		
輝 白 色	1400		

やすり材の化学成分

種類の 記号	化学成分 %									参考用途例
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V	
SKS8	1.30 ~ 1.50	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	0.20 ~ 0.50	—	—	刃やすり・組やすり
SK1	1.30 ~ 1.50	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—————				刃やすり・組やすり
SK2	1.10 ~ 1.30	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—————				鉄工やすり



## ・鍛造（火造り）成形

圧延された材料は、やすりとほぼ同じ長さに切断される。その後、「コミ」を成形する鍛造工程にまわされるが、コミ成形に先立ち、鍛造を容易にするために材料の一部をプレスで抜き取る「コミ抜き」をする。コミとはやすりに握りのハンドルを取りつける尖った部所である。

コミ抜きされた材料は鍛造場に運ばれる。一部分を欠いたコミ抜き材は、熱間鍛造（火づくり）で尖った部分を成形する。鍛造機は板バネの力で打つバネハンマー。そのそばには重油焚きの火床があり、炎が勢いよく燃えさかっている。その温度は約950℃。コミ抜きした20本ほどの材料が炎の中に入れられる。加熱するのはコミを抜いた側、数センチである。作業員は最初に入れた材料を取りだして、金床の上に置くと同時に、ハンマーを始動させる。「タン・タン・タン」、火玉が弧を描いて飛び散る。ハンマーが打つ瞬間に、ヤットコで挟んだ材料を少しずつ回転させながら手前に引く。このタイミングをとるのが難しい。コミ部は叩き伸ばされながら形がつくられる。2、3本加工しては材料を炉の中に入れる。この方法を自由鍛造といい、職人的なワザを必要とする。コミの別の加工法としては、鍛造で成形しているコミ部全体を一度にプレス抜きする。また、丸いやすりであれば旋盤で加工することなども考えられる。

やすりの鍛造は「穂先」の加工も必要である。穂先部はコミの反対側で、幅を小さく厚みを薄くする。この穂先形状は、やすりで品物の平面を加工するとき都合がよいということで、決まったようである。

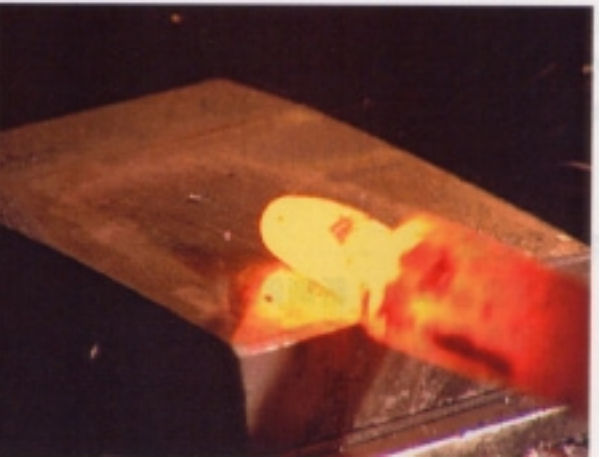
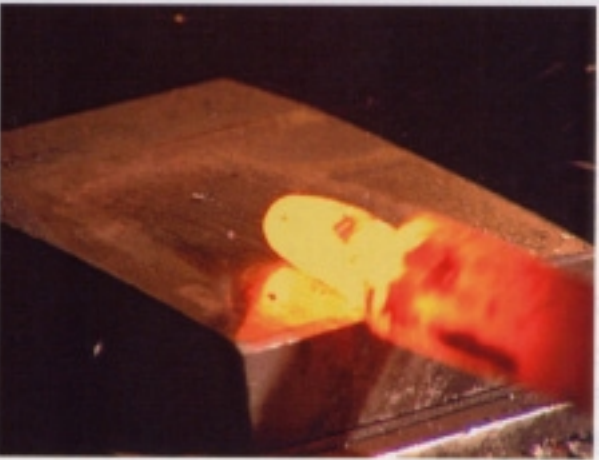
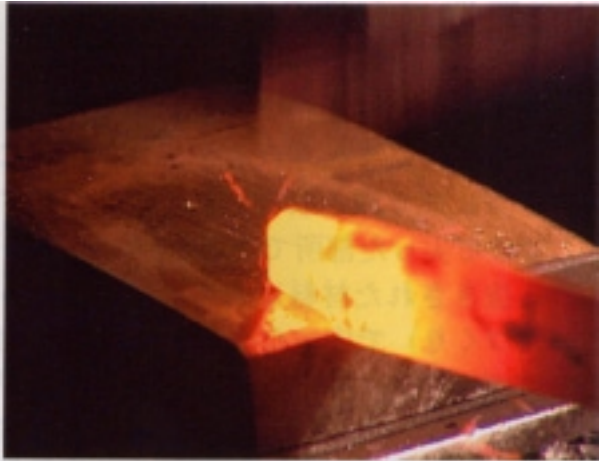
半丸やすりの穂先加工はとくに難しいので、先端を粗加工した半丸材を型鍛造で成形する。鍛造機はバネハンマー、加熱炉は重油焚き。金床の上には、取っ手を引くと手前にスライドできる方イドつきの金型がセットされている。型にはテーバーのついた丸棒をたて割りにしたような溝が彫られ、半丸の型であることがわかる。型の斜め後方に取りつけられたホースからは、圧縮空気が吹きだしている。

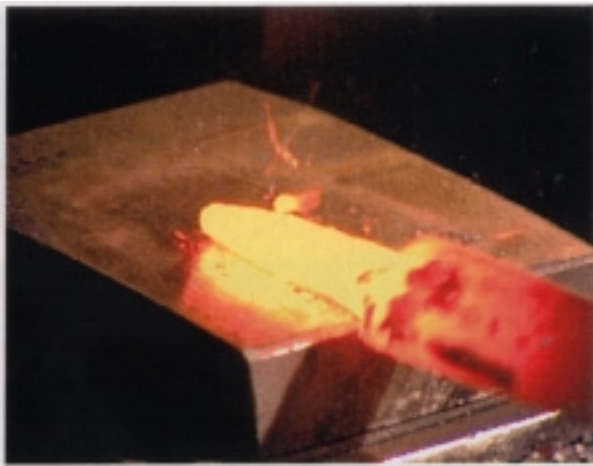
作業員は炎の色で温度を確認しながら、時折燃料の重油コックを操作する。材料の加熱温度は950℃。赤熱された粗加工材は、一度金床の角でこすられ金型にセットされる。こすることで、加熱時の酸化スケールを取り除く。これを怠ると、型打ちしたときスケールを巻きこんだり、スケールの跡が転写されたりして肌荒れの原因となる。また、型を傷つけることにもなる。圧縮空気は型の中のスケールを吹き飛ばす役目である。ハンマーが降りてくる。衝撃音が走る。作業員は調子を取りながら、取っ手を手前に引く。時には、押したり引いたりする。その度に材料を乗せた型からは火玉が飛び散り、鍛造機の周りはスケールの薄片が散乱する。

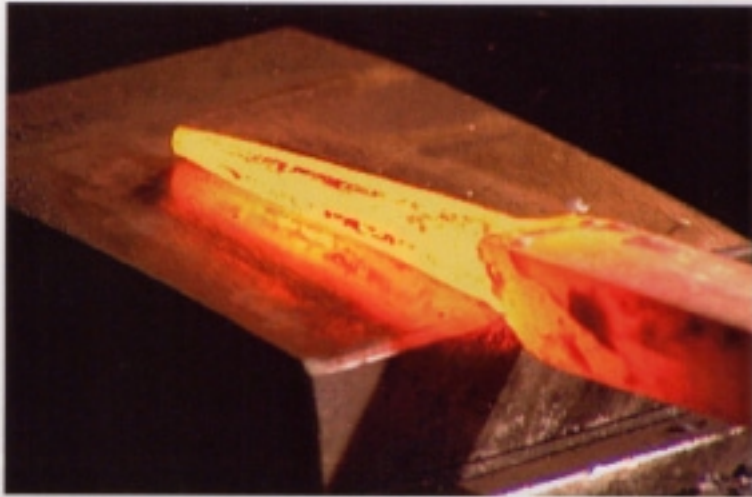
成形された材料は曲がり直しをして、つぎの工程にまわされる。

## 参考文献

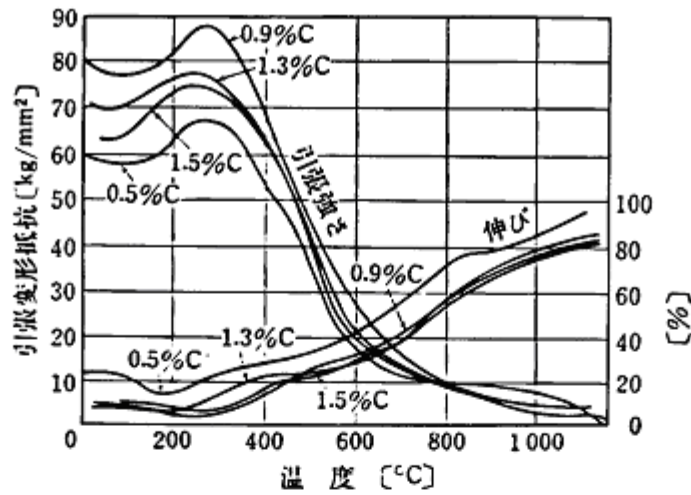
- ・新井忠書ほか；新制鍛冶作業法、オーム社、S36
- ・大和久重雄；工具鋼の熱処理（上）、天然社、S24
- ・門閥改三；鉄鋼材料学、実数出版、1973
- ・荻山信行；やすり読本、1973



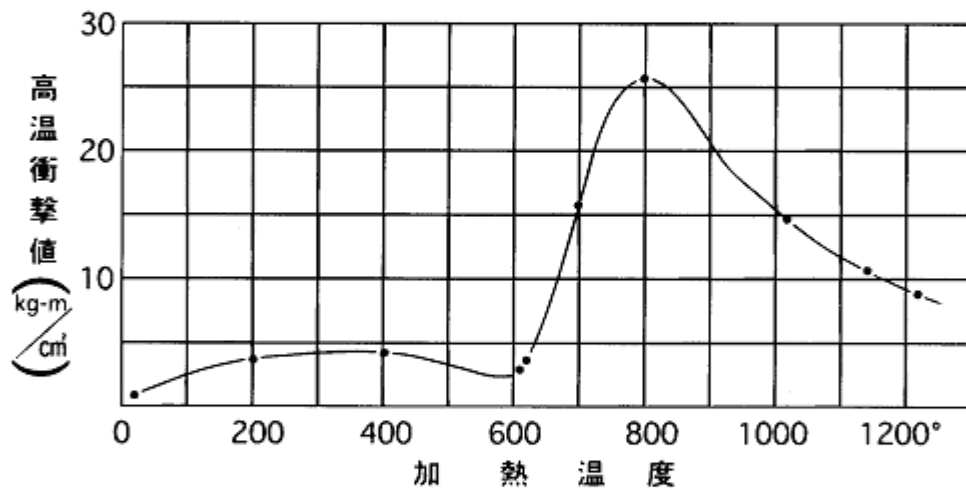








加熱温度と変形抵抗の関係



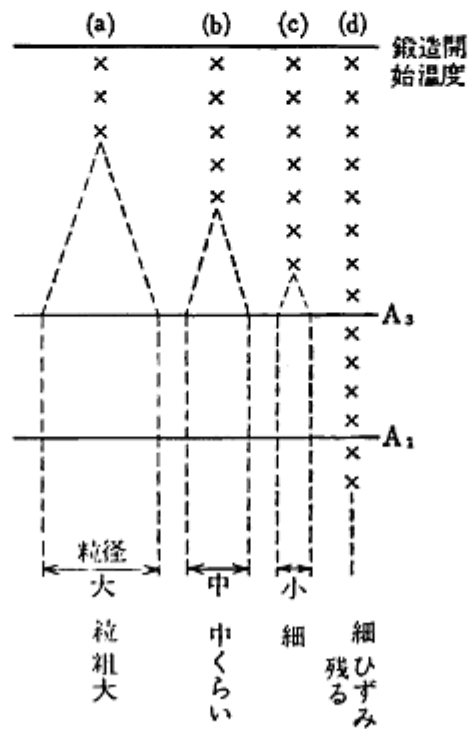
1.36% C鋼の高温衝撃値 (菊田)

鍛造最高温度

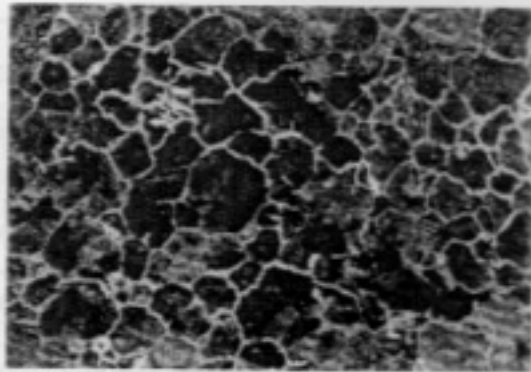
材 料		最高鍛造温度 [°C]	燃 焼 温 度 [°C]	材 料		最高鍛造温度 [°C]	燃 焼 温 度 [°C]
炭 素 鋼	C 0.1%	1352	1490	ニッケル鋼 (3%)	1250	1370	
	C 0.2%	1320	1470	3%ニッケルクロム鋼	1250	1370	
	C 0.3%	1290		ニッケルクロム鋼	1270	1370	
	C 0.4%	1270		クロムバナジウム鋼	1250	1350	
	C 0.5%	1250		13%クロム鋼	1280	1380	
	C 0.7%	1170	1280	18-8ステンレス鋼	1300	1420	
	C 0.9%	1120	1220	マンガン鋼	1250	1300	
	C 1.1%	1080	1180	高速炭素鋼	1300	1380	
	C 1.5%	1050	1140				

炭素工具鋼の火造温度

種別	C %	固相線(°C)	最高火造温度(°C)	標準火造温度(°C)	火造仕上温度(°C)
第1種	1.30~1.50	1170~1150	1070~1050	800~900	750
第2種	1.10~1.30	1200~1170	1100~1070	800~900	750
第3種	1.00~1.10	1220~1200	1120~1100	800~900	750
第4種	0.90~1.00	1250~1220	1150~1120	800~900	750
第5種	0.80~0.90	1270~1250	1170~1150	850~950	750
第6種	0.70~0.80	1300~1270	1200~1170	850~950	750
第7種	0.60~0.70	1340~1300	1240~1200	850~950	750



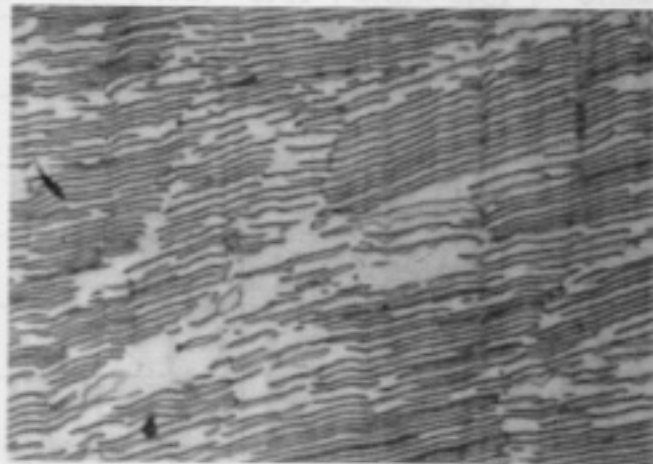
鋼の鍛造終了温度とオーステナイト結晶粒の関係



鍛造組織

×400

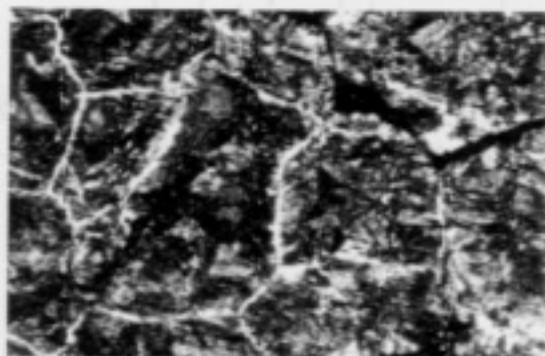
白い網目状はセメンタイト、地はパーライト



パーライト組織

×1000

細長い島状はセメンタイト、地はフェライト



過熱組織

×100

白い網目状はセメンタイト、地はパーライト。

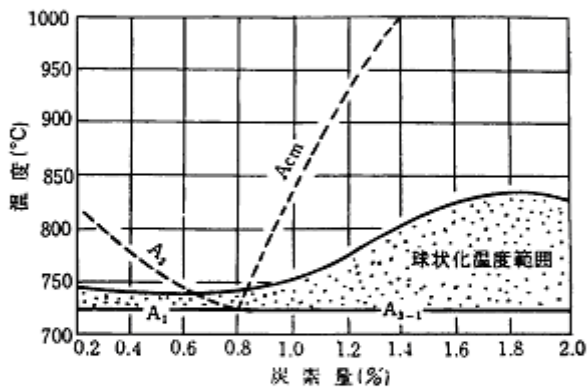
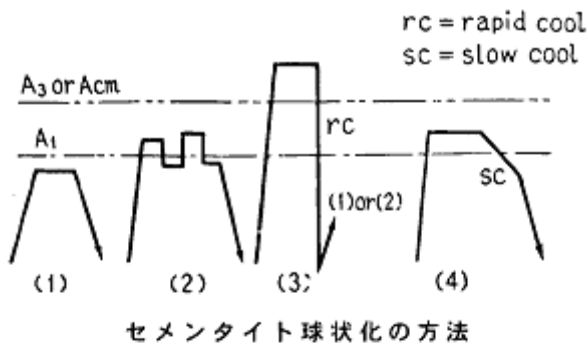


## ・焼なまし

鍛造成形を終えた材料は、コミと穂先もできやすいらしい形になる。これに目を立てれば、やすりである。目はタガネを打ちこんでつくるので、軟らかいことが必要である。しかし、鍛造を終えた材料はロックウエルCスケール(HRC)37と硬く、目を立てることは難しい。軟らかくする処理は、焼なましといって加熱後徐冷するのであるが、目的と処理の仕方によっていくつかの方法がある。

### 完全焼なまし

代表的な焼なまし 冷間加工などで硬くなった鋼を軟らかくするだけでなく、ミクロ的顕微鏡組織)においても加工の影響をなくし、標準組織を得るために行う。完全焼なましは、やすりをつくるうえには必要ない処理である。



炭素工具鋼の焼なまし温度及び硬さ

鋼種 記号	変態点(°C)		焼なまし		
	Ac	Ar	温度(°C)	冷却速度(°C/hr)	硬さ(H <sub>R</sub> )
SK1	730~750	720~690	750~780	20以下	217~192
SK2	730~750	720~690	〃	〃	212~187
SK3	730~750	715~685	〃	〃	〃
SK4	730~750	710~680	740~760	〃	207~183
SK5	730~760	710~675	〃	〃	〃
SK6	730~765	710~670	〃	〃	201~179
SK7	730~770	700~650	750~780	〃	〃

### 低温焼なまし

冷間加工などで硬くなった鋼を、機械加工が可能な硬さまで下げるために行う。処理法は鋼のA1変態点(727)以下の550ぐらいで適当な時間保持して、炉冷する。加熱温度が低いので、酸化・脱炭が少ない。

今後、組やすりや精密やすりなどは、焼なまし材を使用して冷間加工で形状をつくり、目を立てることがあるだろう。その場合、低温焼なましを採りいれる可能性もある。

セメントタイト(炭化物)の球状化焼なまし 前述のコミ・穂先の鍛造成形後の軟化焼なましは、セメントタイトの球状化焼なましを指している。

やすり関係者が焼なまし、あるいは焼鈍というのは、セメントタイトの球状化焼なましのことである。

#### その目的は

- ・焼入効果を均一にする
- ・焼われ、炊曲がりを少なくする
- ・工具の切れ味、寿命を向上させる
- ・機械加工性をよくする

このことから、セメントタイトの球状化焼なましは目立てを容易にするだけでなく、次工程の焼入れにも大いに関係していることがわかる。

セメントタイトの球状化焼なましの方法は

1) A1変態点(727)直下の温度(650~700)に保持したのち冷却する。

この方法では、粗大な網目状セメントタイトは球状化できない。しかし、冷間加工材や焼入れ材に適用。やすり材は圧延や鍛造をしている。そのため、網目状セメントタイトが析出しているので、この方法では困難。

2) A1変態点を中心に直上・直下の温度を繰り返す。

かえし加熱冷却する。Al変態点以上に加熱するのは、網目状セメンタイトを切断するため、直下の加熱は球状化のためである。

3) A3変態点(912 )またはA cm線以上に加熱して、セメンタイトを完全に固溶したのち急冷する。その後<sup>1) 2)</sup>の方法で球状化する。

4) Al変態点以上A cm線以下の温度に加熱したのち、徐冷する。最も一般的に行われている方法である。

セメンタイトの球状化焼なましが始まった。葛籠(つづら)のような大箱のふたを開けると、白っぽい耐熱レンガのところでところにゼンマイ状のニクロム線が見られる。ふたの中央には棒状の熟電対温度計が差しこまれ、その温度計からでている補償導線の端は、計器とつながっている。この箱は電気加熱炉である。

作業者は鉄製の治具にやすりをセットする。装填で重要なことは、やすりどうしを密着させないで、スペースをとることである。このことは加熱温度の均一化と脱炭を少なくするためである。やすりが密着していると、熱が浸透しないので加熱ムラの原因となる。また、脱炭については以下のようにいわれている。鋼を加熱すると酸化も脱炭も進行するが、酸素が十分供給される場合は、脱炭層が生じても酸化スケールとなつてはく離する。しかし、密着していると酸素が十分回らないため、酸化層ができにくく、結果、脱炭層が残る。

酸化と脱炭はつぎのようにして生じる。酸化は $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $H_2$ などの酸化性雰囲気中で進行し、温度の上昇とともに増大する。鋼材の化学組成中に、Mo、 の含有量が多い場合、あるいは寡雰囲気中に $SO_2$ が存在する場合は酸化減量が著しい。

脱炭は $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $H_2$ などの雰囲気と鋼の表面の炭素が反応して、表面の炭素濃度が減少し、内部の炭素が表面に拡散移動するという繰り返して進行する。

脱炭は炭素の拡散が必要であるから、往々にして酸化反応のほうが早い場合が生じる。この場合には、酸化スケールの付着量のわりに脱炭は非常に少ない。また、酸化スケール付着なしに脱炭することもあり得る。

やすりの焼なましは後述するように、800 近くで数時間も加熱するので酸化・脱炭はさけられない。酸化層は肉眼でわかるが、脱炭層は見えないので、研磨作業は鋼地ができれば研磨完了とせず、脱炭層は鋼地の下層の見えないところに存在する、という考えで対応すべきである。つまり、十分な研磨が必要である。

やすりが装填された治具を焼なまし炉にいれ、スイッチをオンにする。「ブーン」、昆虫の羽音に似た通電音を、かすかに耳にすることができる。計器の温度設定は780 。数時間後にはその温度になっているだろう・・・。設定温度になって、2～4時間保持すればあとは徐冷である。普通、徐冷は炉冷を意味するが、冷却は時間あたり10～200 の非常にゆっくりとした速度を目標とすればよい。やすりの中のセメンタイトは、熱のエネルギーでゆっくり、ゆっくり球状に変化する。そのメカニズムはつぎのとおり。

780 の加熱で、やすりの中の網目状セメンタイトの一部が、地のオーステナイトに溶解し、同時にパーライト中の層状セメンタイトも溶けきらないで、セメンタイトを残した状態となる。この状態からゆっくり冷却すると、C(炭素)の溶解度の減少とともにセメンタイトの核の周りにセメンタイトが析出し、界面張力の作用で球状化する。

球状化焼なましの済んだやすりの硬さは、ロックウエルBスケールの90～92になる。ちなみに、焼なまし前(圧延材、鍛造後)の硬さはロックウエルCスケールの37である。

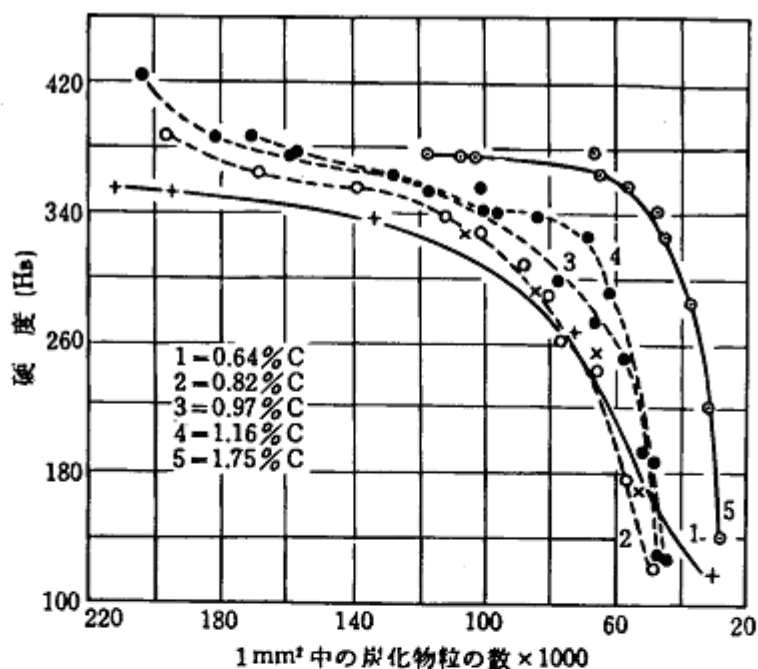
\* ロックウエルCスケールの37; HRC37 = HV360～370

\* ロックウエルBスケールの90、92; HRB90～92 = HV190～200

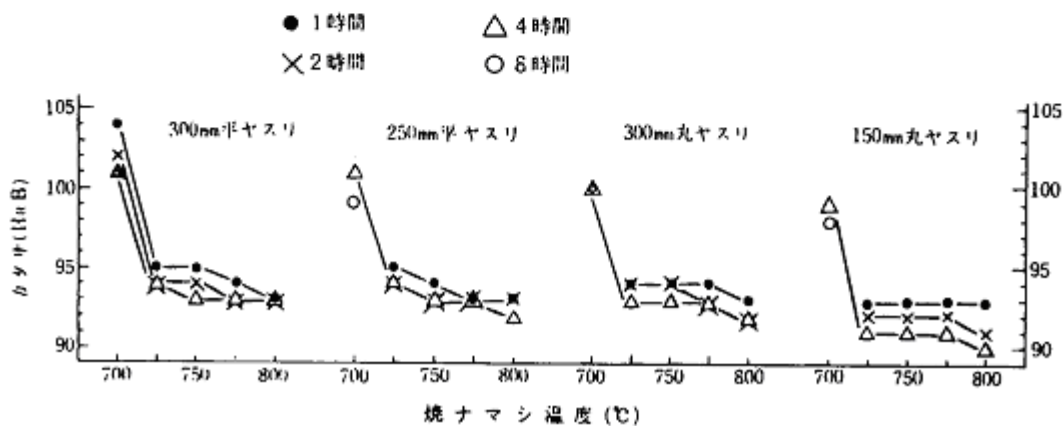
#### 参考文献

- ・早乙女和巳; 各種熱処理法の解説、特殊鋼、特殊鋼倶楽部、1965
- ・日本鉄鋼協会; 鋼の熱処理、丸善、S32

- ・佐藤忠雄ほか；プレス型材料と熱処理、日刊工業新聞社、S47
- ・日本金属学会、鉄鋼、日本金属学会、S40
- ・特殊鋼倶楽部；特殊鋼ガイド、特殊鋼倶楽部、S52
- ・呉工業試験場；呉工業試験報告 No. 10, 1965
- ・呉工業試験場；呉工業試験報告 No. 11, 1967
- ・荻山信行；やすり読本、1973



炭化物の数と硬度の関係



焼ナマシとカタサと温度の関係