

温度の上昇とともに観察できるようになった。粒内変形が加速クリープ過程に入つて加速し始めても、迂りは加速せず、ほぼ一定に迂りつづける。微視的には、この曲線は、粒内変形曲線に比し凸、凹があり、場所による差がみられる。高温では、粒界移動と結びついて複雑である。

(3) 粒内の変形

変形初期には、迂り線の観察されぬ微細迂りによつて変形が進行する。粗大迂り線は、一般に、加速クリープ期に入つて顕著になる。低温では、迂り線は細く直線状であるが、温度の上昇につれて太く、曲線状になつてくる。粒界を芯として羽毛状に発展した形をとることもある。変形量は、低温では、部分的な違いが大きく、温度が上昇すると、むしろ均一化する。これは、粒界の迂りにより、粒界近傍の応力が緩和されるためと思われる。粗大迂り帯のあらわれる場所の伸びは、あらわれない場所に比して大きい。

(4) 3重点の挙動

低温では、粒界が迂らぬため変形も単純であるが、粒界が迂りだすと、他の二本の粒界によつてかこまれた粒の内部に向つて、三重点より、特徴あるしわが生ずる。高温では、引張軸方向と平行でない粒界が移動をはじめ、この部分の伸びがいちじるしい。

(5) 粒界移動

粒界移動は、その動きが、引張り方向に垂直な粒界でとくに大きいと認められる。単に粒界面積の減少方向への動きのみではない。一般に、移動中の粒界付近での引張方向への伸びは、他の部分よりも大きい。

以上に述べたごとく、クリープにともなつて起る種々の現象すなわち、粒界の迂り、粒界の移動、粒内の変形 3重点の挙動などが、多結晶珪素鋼のクリープ実験において、連続的に観察された。

文 献

- 1) 芥川, 馬田: 鉄と鋼, 43 (1957), 1143

(128) 古代鉄釘の冶金学的調査

日本鋼管, 技術部 工 堀 川 一 男
技術研究所 梅 沢 義 信

Metallurgical Study on the Ancient Iron Nails.

Kazuo Horikawa, Yoshinobu Umezawa.

I. 緒 言

文部省東京文化財研究所の依頼により、法隆寺金堂、平

等院鳳凰堂、明通寺三重塔、および京都醍醐寺五重塔から取り外した創建当初、中世、近世、および江戸末期に製造された古釘等について金属組織学的に調査した。本調査は鉄鋼業に関連する者にとつて歴史的、技術的にきわめて興味深い問題であり、貴重な資料と考えられるので報告する次第である。

II. 調査資料

調査資料は製造時期を異にする。釘類で法隆寺金堂の物 6 点、平等院鳳凰堂の物 11 点、明通寺三重塔の物 11 点、京都醍醐寺五重塔の物 3 点(内スラグ 1 点)で種釘、身舎隅柱頭鉄板止釘、長押隅止釘、隅木取付釘、および装飾品等であるが、本報では各時代、各使用個所を代表する。Table 1 に示すごとき種釘、釘 15 点について報告する。

各試料の外観形状は (Fig. 1 の代表例参照。会場で詳細に示す。) つぎの通りである。No. 1~No. 2 の釘は比較的太く大形のものであつて、表面に黒色防錆塗装が施してあつた。使用個所が明瞭でないが長期にわたる使用にもかかわらずほとんど腐蝕された形跡は認められない。近世の No. 3 は若干細くて弱い感じがする。頭部

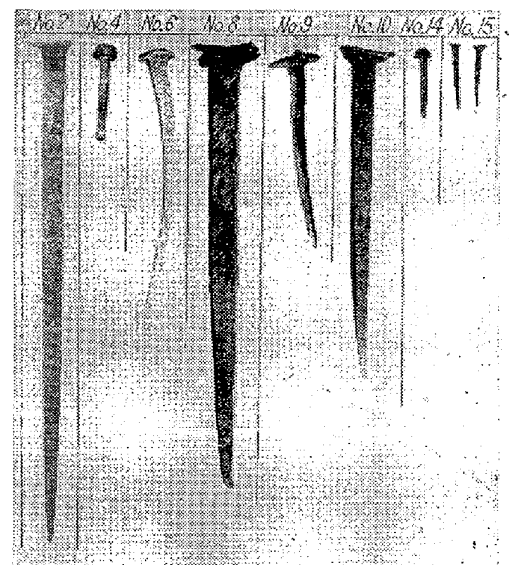


Fig. 1. Ancient iron nails.

の形状は叩き延し、そのまま折りまげて成型したもののようなものである。一方江戸末期の No. 4 は細く、小型のものであつて使用個所が明瞭でないが、かなり錆びており現在の釘、あるいは、ねじの頭によく似ている。No. 5~No. 6 は平等院鳳凰堂に使用されていた種取付釘で、法隆寺金堂の釘は類似しており、太くて頑丈な感じの釘である。No. 7 の釘は細長く、弱々しい感じのもので頭部の形状は破壊されていて明瞭でないが、叩き延し、そのまま折りまげて成型したもののようなものである。No. 8 は

Table 1. Properties of ancient iron nails.

Sample No.	Manufacturer age and applied position		Size mm	Chemical composition (%)											Inclusion (point counting) %	Hardness VPN	
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Ti	T.Al	N			O
1	Horyu-zi	607 Taruki	14φ×240	0.10	0.04	tr	0.033	0.004	0.008	0.008	tr	tr	0.010	0.003	0.014	1.72	169~110
2		1283 Taruki	12φ×260	0.09	0.013	tr	0.027	0.003	tr	0.014	tr	0.010	0.005	0.0056	0.076	2.90	310~113
3		1603 Taruki	10φ×180	0.25	0.008	0.230	0.018	0.063	0.062	0.016	0.025	tr	0.06	0.0056	0.009	0.34	199~142
4		1696 Taruki	5φ×51	not determined											0.86	140~117	
5	Byodo-in	1053 Taruki	15φ×255	0.28	0.017	tr	0.020	0.003	0.014	0.009	0.004	0.009	0.018	0.0040	0.21	1.45	
6		1053 Taruki	9φ×150	0.21	0.051	tr	0.007	0.003	0.014	0.004	0.001	0.047	nd	nd	0.24	1.77	188~145
7		1053 Taruki	10φ×20	0.20	0.054	tr	0.027	0.002	0.011	tr	0.002	0.059	nd	nd	nd	1.50	173~120
8		1670 Taruki	16φ×265	0.30	0.0036	tr	0.030	0.002	0.018	0.007	0.009	0.044	0.003	0.0053	0.19	1.49	243~80
9		1670 Sumihassira (tack)	6φ×75	0.05	0.039	tr	0.047	0.009	0.005	0.001	0.002	0.035	0.014	nd	nd	1.84	102~92
10	Daigo-zi	1764~1772 Taruki	12φ×155	0.16	0.006	tr	0.038	0.001	0.0029	0.016	0.002	0.025	0.014	0.0039	0.012	1.54	277~113
11		"	"	0.45	0.046	tr	0.059	0.003	tr	0.001	0.009	0.061	0.014	0.0049	nd	1.63	263~110
12		Slag	35φ														
13	Otonasi Meitsu-zi	1450 Taruki	5φ×165	nd (0.12以下)	0.123	0.012	0.049	nd	0.010	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3.58	170~117
14		1450 Sasakanagu	4φ×29	"	0.143	0.034	0.174	nd	0.085	0.016	nd	0.068	試不	nd	nd	nd	161~130
15		1663 Taruki	2.5φ×28	"	not determined											1.53	212~110

tr: trace. nd: not determined.

非常に大きく、太くて頑丈な釘で頭部は一本のものを叩き曲げて成型したものである。No.9 は鋸で頭部は皿形をし幹は細長く小形のものである。No.10 の釘は京都醍醐寺五重塔の榿釘であるが、No.1~9 と若干形状が異っている。No.12 は京都醍醐寺五重塔床下より発見された。スラグで全体が赤錆た小塊である。No.13~No.14 は、明通寺三重塔に使用されていた釘で、No.13 は小釘で笹金具止めのもので非常に小さい。No.14 は古釘であるが、法隆寺等の古釘と異なり非常に細く小さく弱い感じのものである。No.15は、高知県須崎市在の鳴無神社拝殿に使用されていた小釘で、四角な釘であるが、腐蝕いちじるしく丸釘のごとくなっている。頭部はやはり叩き曲げて成型されている。

III. 調査結果および考察

法隆寺金堂を始め各処に使用された各時代の古釘に共通した特徴は Table 1 および Fig. 2~Fig. 3 に示す通りである。

成分的には合金元素の含有量がごく微量で非常に純粋である。同一試料内の硬度および組織ムラははなはだ大きく、その分布状況から考えて二種以上の鋼を鍛接したものと考えられる。(脱炭あるいは滲炭によつて生じた組織ムラではない。) いずれも先端部は硬度が若干高い

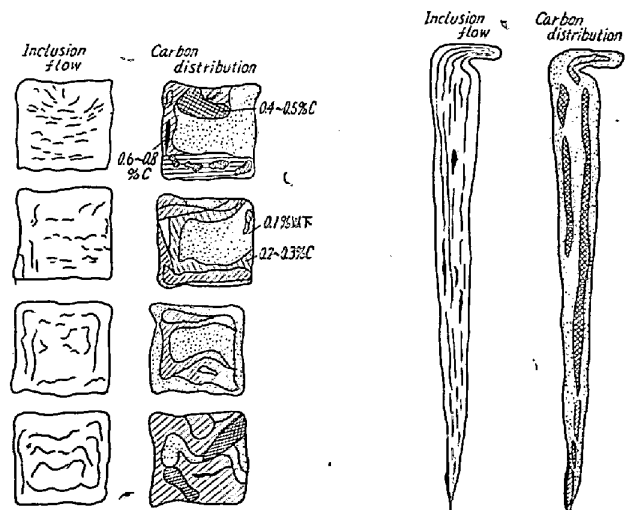


Fig. 2. Cross section. Fig. 3. Longitudinal section.

が、これは成分的な理由によるものではなく加工時の冷間加工の影響によるものと考えられる。形状としては、時代、使用状態によつて若干異っているが、頭部は特に鍛着したものではなく軸の頭部側を扁平に叩き延し曲げて成型したものである。非金属介在物はCの低い部分、特に鍛着部付近に多い。Fig. 2および Fig. 3 に非金属介在物および炭素分布部図の代表例を示す。オーステナ

イト結晶粒はいわゆる粗粒であり、滲炭により C の低い部分は異常組織を示した。

つぎに製造時代別の特徴を挙げるとつぎの通りである。

西暦 607 年～1283 年のものの中には冶金学的にほとんど差が認められない。いずれも C 約 0.1% の純粋な鋼であつて Mn を含まず砂鉄を原料としたものと考えられる。介在物としては比較的大形の鉄滓を多量に含んでいる。また組織的のムラが多い。

近世のものは C 0.1～0.30% の鋼であるが Mn, Cu, S を少量含有しており、砂鉄以外の原料を使用しているらしい。組織のむらは比較的少なく、非金属介在物は硫化物が主体である。

江戸末期のものは試料によつていちじるしく趣を異にしている。C 0.2～0.3% で Mn その他の不純物を含まず、純粋で、組織ムラが多く、介在物として小形の鉄滓を含み丁度中世以前のものとよく似ているものがある。しかしほとんどが Mn その他の不純物を若干含んでおり、C が 0.1% 以下で、組織的にほとんどムラがなく、どちらかといえば近世のものに似ている。

また腐蝕に対しては、その使用条件が非常に大きな影響を有しているので、使用個所が不詳な現在、これら古釘が現用鋼に比較していちじるしく良好な耐蝕性を有しているとは一概に断定できないが、現在まで原形を維持している状態から考察して、耐蝕性が優れているといえるであろう。

なお偶然かも知れないが、中心部付近に C 量の高い層があり C 量の低い層で周囲を囲んだものがしばしば見受けられたが、これは強度と柔軟性の両者をかね備えさせるための配慮とも考えられ興味がある。

最後に京都醍醐寺の床下より発見されたスラグについて調査した結果を述べると、化学成分が T.Fe 58.92, FeO 66.82, Fe₂O₃ 9.25, MnO 2.30, SiO₂ 15.70, CaO 1.04 で CaO が少なく Fe の高い組成となつており当時の製鉄技術（造滓・高温雰囲気など）としては当然のことである。FeO と SiO₂ が大部分を占めているが熔点測定 (1210～1230°C) および検鏡結果 (2FeO-SiO₂ が発達しており、マグネタイトの初晶も樹枝状に分布) から本試料の組織はファイヤライトを主体とする酸化鉄の高いものであり、結局鍊鉄製造時の絞り滓と思われる。

(129) 炉内ガスの滲炭力測定に関する研究

大阪大学工学部 工博 足立 彰
中外炉工業 工〇阪野 喬
大阪大学工学部 工榎並 禎一

On Measurement of Carbon Potential for Furnace Atmosphere.

Akira Adachi, Takashi Banno, Teiichi Enami.

I. 緒 言

最近のガス滲炭法において、滲炭ガスの炭素ポテンシャルは多くは露点によつて測定されているが、われわれは鉄の滲炭および脱炭が可逆的であることを利用し、滲炭性雰囲気中で純鉄線を直接滲炭せしめ、あるいは脱炭性雰囲気中で測定用線材を脱炭させてその電気抵抗の変化からガスの炭素ポテンシャルを測定しようと試みた。

すでにこの原理に基づいた滲炭力測定法の研究は発表されているが、本実験は測定用線材をブリッジ回路に接続したまま滲炭温度 900°C に加熱し、ブリッジ回路を 900°C における線材の電気抵抗に平衡せしめた後に炭素ポテンシャルを測定せんとする雰囲気によつて滲炭させ、抵抗が変化して一定値になつた時の抵抗変化を検出あるいは測定し連続的に炭素ポテンシャルを求めようとするものである。またこの方法に使用する測定用線材の材質の検討も同時に行なつたものである。

II. 実験方法

この実験に使用した装置は Fig. 1 に示すごとく大別すれば、試料ガス供給部、滲炭炉、抵抗測定装置、に分けられる。試料ガスは CO-H₂ 混合ガスおよび CO-H₂-N₂ 混合ガスを使用し、CO-H₂ ガスの場合は脱酸炉を通したのち、脱水剤を通して露点を -25°C 以下とし、CO% を変えることによりそれぞれ異なつた炭素ポテンシャルを与えるようにして測定用線材を滲炭した。

滲炭炉内部は測定用線材、炭素分析用試料、およびサーモカップルからなり、測定用線材は長さ 400 mm をコイル状に巻き、その両端から銅線を引出してブリッジ回路に接続し、さらに増巾回路または抵抗値測定回路に接続する。測定用線材および分析試料の化学組成、寸法を Table 1 に示す。

抵抗測定はホイートストンブリッジにより測定する。また滲炭開始から滲炭が定常状態に達するまでは交流増巾器により抵抗変化を記録した。

操作はまず炉内に H₂ ガスを流しつつ炉温 900°C に