

五

# 熔接部の機械的性質に及ぼす温度の影響に関する一考察

(日本鐵鋼協會第 18 回講演大會講演 昭和 12 年 10 月)

氏 家 竹 次 郎\*

## SOME STUDY ON THE EFFECTS OF TEMPERATURE UPON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED STEEL.

Takejiro Ujiye.

**SYNOPSIS:**—In this paper, the author tries to determine the mechanical properties, such as tensile strength, impact resistance, linear expansion and shrinkage, of all electrically welded steel at elevated and lowered temperatures which range from -40 to 600°C.

The author may have privilege of dealing with the necessity for these investigations as a problem, believing that our knowledge on the properties of welded steel at room temperature predicts what the properties of the same metal would be at elevated and lowered temperatures.

The absorption of nitrogen is one of the most important of the physical properties of welded Steel. The author takes up practical aspects of the influence of nitrogen on the mechanical properties on the edge-hardening.

Next, he deals with the forging properties of the metal at higher temperature, and the specific gravity of welded metal and mild steel at lower temperature.

Finally, he shows graphically the result of edge-hardening of the same metals at a very low temperature, which was created by ice-water, coagulated mercury and liquid air, respectively.

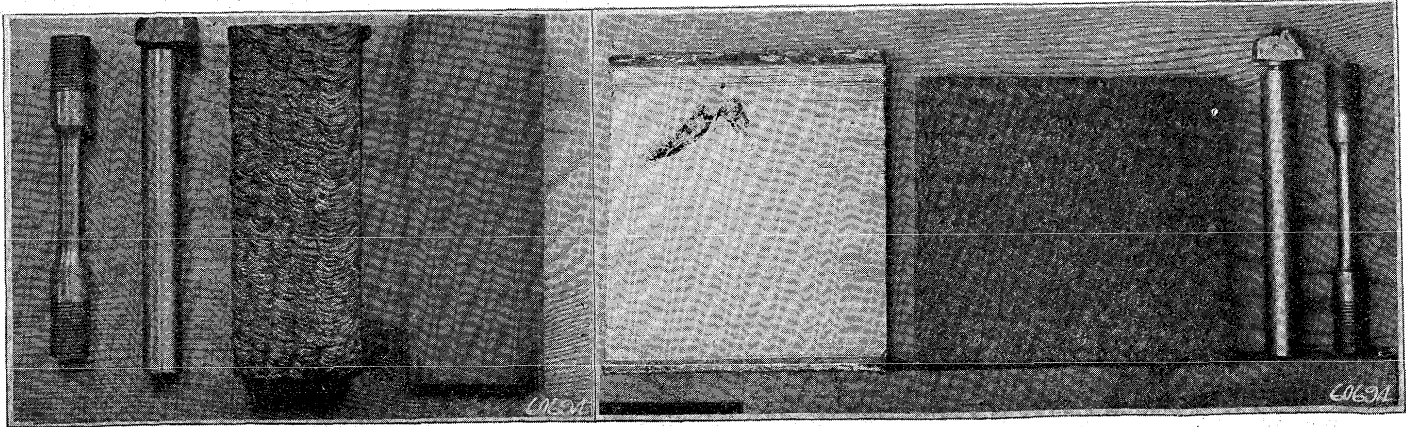
### 緒 言

最近熔接の應用が劃期的的發展を遂げた結果自然高温又は低温に於て使用される各種の構造物又は壓力容器等の重要部分が熔接に依て施行せらるゝ様になつたことは周知の通りである。ところが是等の本體を形成する素材に就いては已に色々の温度に於ける機械的性質の研究や實際上の經驗も充分にあるが、夫等の材料を熔接して同一の目的に使用せらるゝ熔着鐵の性質に就いては未だ信頼するに足る纏た研究が發表されて居らぬ。而して軟鋼材を熔接したる試験片については一通り第3回の工學大會に於て報告したのであるが接手の種類切斷箇所又は母材の影響等に支

配さるゝ點ありて、自然高温及び低温に於ける熔着鐵の本質を研究するに不充分の嫌ありしため、今回新たに熔接の方向に平行及び之に直角なる方向とより採取せる全熔着鐵から試験片を作り之を -40~100°C に至る各温度に於て諸種の機械的性質を測定した。而して此の實驗に用ひたる装置及び方法に就いては前回の報告即ち第3回工學大會に於て圖示説明した通りであるから参照せられたい。尙實驗に使用せる熔着鐵は第1圖及第2圖の如く多層熔接法に依りて製作したもので常温に於ける抗張力平均 50 kg/mm<sup>2</sup> 比重 7.8, ヴェツカース硬度數 16, アイゾット衝擊値 5.7 kg.m を示し且其化學成分は第1表に示す如く C, Mn, Si, P, S の外に普通軟鋼と異なる點は熔接の際に生ずるガ

第 1 圖

第 2 圖



\* 三菱重工業株式會社神戸造船部

ス殊に  $N_2$  の含有量が比較的に多量なる事である。即ち本研究に依れば軟鋼中の  $N_2$  含有量 0.005% (最高含有量 0.015% と稱せらる) に對し現在一般に使用されつゝあ

第 1 表 母材及び熔着鐵の化學組成

種類	符號	C	Si	Mn	P	S	N
母材	O	0.23	tr	0.57	0.038	0.010	0.005
被覆棒	A	0.18	"	0.83	0.021	0.009	0.028
"	B	0.16	"	0.83	0.022	0.010	0.029
裸棒	—	0.04	"	0.11	0.022	0.008	0.111

A……ビードの方向に平行 B……ビードの方向に直角

る軟鋼用の被覆電極棒に依る熔着鐵に於ては 0.02~0.05% を含有し又裸電極棒に依る熔着鐵中には實に 0.08~0.15% の多量を含有してゐる現狀である、

1 熔着鐵の化學成分と顯微鏡組織 第 1 表は本研究に使用せる母材及び全熔着鐵の化學成分を示すものであつて母材は普通軟鋼の成分を示し其組織は第 3 圖に示す如く地鐵とパーライトより成てゐる。熔着鐵(被覆棒使用)は多少の熔滓を混入するも均等なる組織を有し母材に比較して炭素の含有量低く其組織は第 4 圖に示す如く幾度かの急加熱急冷却に依りて粒子は微細化され地鐵に球狀セメンタイト ( $Fe_3C$ ) を析出してゐる。

即ち熔着鐵は一度冷却して焼入組織となつたものが更に其上層に熔着鐵を肉盛する際に再び加熱せられて 700°C

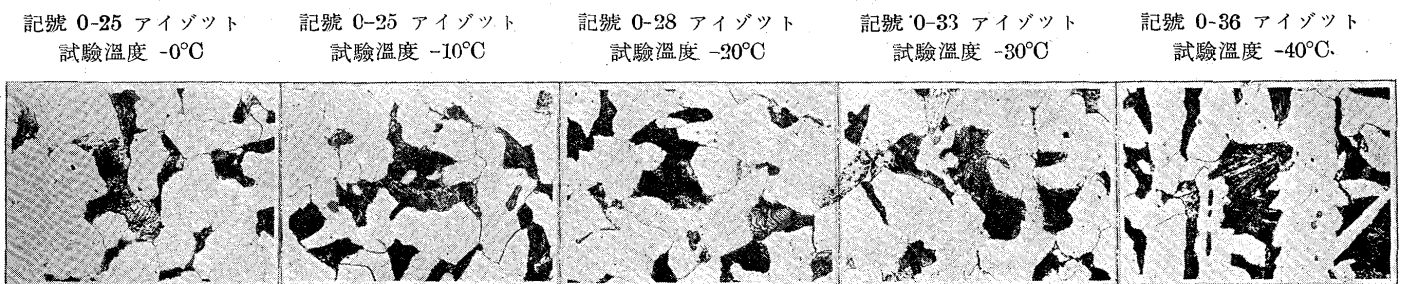
以上に焼鈍せられたる箇所はパーライトを現はし 600~700°C に加熱せられた所は球狀セメンタイトを示してゐる。ソルバイト組織が残てゐない點から想像して再加熱は 600°C 以上に昇たものと考ふべきである。

而して一度焼入せるものを再び加熱するときは熔着鐵は焼鈍されて炭化鐵は非常に細い粒子となりて分離し温度の上昇するに従て漸次凝集して大粒となるも 700°C 位の温度に於ては尙其粒子の大いさはパーライトの粒子よりも餘程細くして鐵中に熔解するに當てはパーライトよりも容易に行はれるものである。従て斯る組織を有する熔着鐵が普通鋼板に比較して抗張力の大きなることは當然の理と稱すべきである。

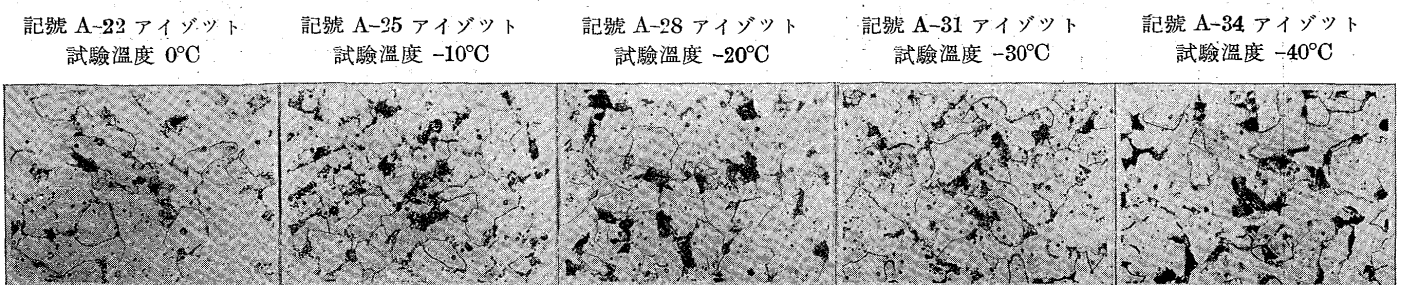
2 熔接熱に依る結晶粒の微細化 前項に於て記述せる如く 2 層以上の熔接を行ひたる熔着鐵が他の同一成分を有する鑄鋼又は壓延鋼に比較して結晶粒の微細なる理由は熔着鐵が凝固する際に於ける冷却速度が大なるためであることは勿論であるが同時に多層熔接に依て繰返へし急加熱及び急冷却せらるゝことが影響すると共に熔接中に熔接棒から出る有機物の不完全燃焼に依て出來た遊離炭素が熔着鐵中に入り一部は熔解して炭化物を作り一部は冷却速度が大なるために不溶解の儘所謂コロイド状態の遊離炭素として存在し、再加熱の場合に結晶粒の成長を妨害して其微細化を助けるものと考へられる。

而して結晶粒が微細化された場合の効果としては焼入し

第 3 圖 軟鋼熔接に於ける母材各種低温度にてアイゾット試験を行ひたる試験片の常温に於ける顯微鏡組織 (×1,000 を縮寫す)



第 4 圖 軟鋼熔接に於けるデポジットメタルの各種低温度にてアイゾット試験を行ひたる試験片の常温に於ける顯微鏡組織 (×1,000 を縮寫す)



特集

た場合や冷間加工を行た場合に焼割や脆くなる事が少いと共に衝撃値(殊に低温度に於て)や可鍛性を増加することや弾性限度や硬度の稍々高いこと等が數へられる。

3 熔着の高温及び低温度に於ける抗張力 第3回工學大會に於ては主として高温及び低温度に於ける軟鋼及び其の熔接片に就いての機械的諸性質に對する實驗の結果を

第 2 表

熔接の方向に採りたる熔着鐵の高温に於ける抗張力試驗結果

試験記號	試験温度 °C	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	断面收縮 %	彈性係數 kg/mm <sup>2</sup>
A 1	23	33.6	53.4	26.0	40.0	20.4×10 <sup>3</sup>
" 2	"	34.9	53.5	25.5	32.0	19.8 "
" 3	"	33.5	51.9	25.5	48.0	19.2 "
平 均	23	34.0	52.9	25.7	40.0	19.8 "
A 4	100	34.8	51.7	28.0	55.6	
" 5	"	33.1	50.6	26.5	58.0	
" 6	"	34.7	52.6	26.5	56.4	
平 均	100	34.2	51.6	27.0	56.7	
A 7	200	37.9	69.1	12.5	17.7	
" 8	"	39.5	72.8	12.0	13.8	
" 9	"	40.8	71.8	13.0	13.4	
平 均	200	39.4	71.2	12.5	15.0	
A 10	300	31.5	67.4	20.0	20.8	
" 11	"	33.0	68.4	15.0	16.3	
" 12	"	31.8	65.4	14.0	16.2	
平 均	300	32.1	67.1	16.3	17.8	
A 15	400	28.2	52.7	26.5	37.0	
" 14	"	26.5	52.5	31.5	55.0	
" 15	"	23.8	51.4	32.5	59.7	
平 均	400	26.2	52.2	30.2	50.6	
A 16	500	21.3	35.5	32.5	65.2	
" 17	"	22.5	38.5	31.0	63.7	
" 18	"	20.6	35.7	32.0	70.0	
平 均	500	21.5	36.6	31.8	66.3	
A 19	600	—	21.3	46.0	81.3	
" 20	"	10.3	20.6	43.5	74.1	
" 21	"	10.1	20.1	48.5	77.6	
平 均	630	10.2	20.7	48.5	77.7	

報告したのである、熔接片に關する限り接手の種類、切断箇所又は母材の影響等に支配される點ありて、勢ひ高温及び低温度に於ける熔着鐵の本質を研究するに不充分的の嫌ひありしため、新たに熔接の方向に平行及び之れに直角なる方向となり採取せる熔着鐵のみより成る試験片を作り、之を -40°C~+600°C の各温度に於て抗張力試験を行ひ

第 3 表

熔接方向に直角に採りたる熔着鐵の高温に於ける抗張力試験結果

試験記號	試験温度 °C	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	断面收縮 %	彈性係數 kg/mm <sup>2</sup>
B 1	23	40.4	56.3	30.0	54.5	20.0×10 <sup>3</sup>
" 2	"	37.5	54.0	30.0	51.0	20.1 "
" 3	"	43.3	58.5	28.0	59.0	19.7 "
平 均	23	40.4	55.3	29.3	54.8	19.9 "
B 4	100	38.2	54.2	26.0	53.8	
" 5	"	38.8	52.8	28.0	54.9	
" 6	"	40.3	54.6	21.0	33.4	
平 均	100	39.1	53.3	25.0	47.4	
B 7	200	39.5	69.0	11.0	14.5	
" 8	"	41.7	71.7	14.0	17.7	
" 9	"	38.6	70.3	12.5	11.1	
平 均	200	39.9	70.3	12.5	14.4	
B 10	300	33.0	69.3	22.5	20.9	
" 11	"	32.9	69.0	28.5	40.2	
" 12	"	29.0	67.0	22.5	22.8	
平 均	300	31.6	68.4	24.5	28.0	
B 13	400	25.5	51.2	30.0	60.8	
" 14	"	27.4	54.5	26.5	38.4	
" 15	"	28.5	52.0	32.5	63.4	
平 均	400	27.1	52.6	29.7	54.2	
B 16	500	21.2	36.6	27.0	66.3	
" 17	"	22.9	37.0	33.0	67.4	
" 18	"	22.5	35.8	34.5	63.7	
平 均	500	22.2	36.5	31.5	65.8	
B 19	600	10.5	19.6	40.0	74.5	
" 20	"	11.8	20.9	36.0	79.6	
" 21	"	11.8	21.0	41.5	83.3	
平 均	600	11.4	20.5	39.2	79.1	

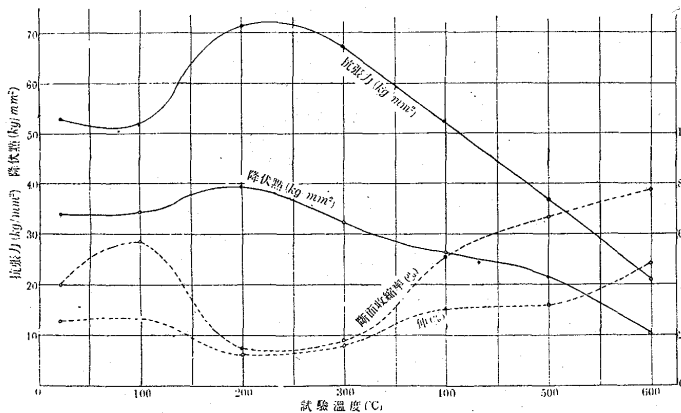
第 4 表 熔着鐵の低温度に於ける抗張力試験結果

採取方向	記 號	試験温度 °C	試験片 寸法 mm	最大 抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	比例界限 kg/mm <sup>2</sup>	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	破壊力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面收縮 %	彈性係數 kg/mm <sup>2</sup>	備 考
熔接の方向にとりたるもの	A 22	0	13.98×50	54.5	29.0	33.4	50.0	31.8	48.3	19.6×10 <sup>3</sup>	良
	23	"	14.0	49.0	31.2	33.3	43.8	19.0	33.7	18.6	切断面に巢あり
	24	"	14.0	"	53.1	31.2	33.6	45.2	35.6	61.4	良
	1	"	13.98	"	52.0	28.8	31.6	41.0	30.0	55.7	再送附のもの
	25	-10	13.98	"	54.6	31.4	34.2	52.8	12.2	22.0	標點上の切断
	26	"	14.0	"	55.2	28.6	33.4	40.3	38.9	63.0	標點近く切断
	27	"	14.0	"	53.5	33.7	35.9	42.1	28.0	49.0	"
	2	"	13.91	"	54.7	31.5	33.9	—	25.0	39.0	19.7
	28	-20	14.0	"	53.8	26.0	36.0	48.5	30.0	45.9	19.7
	29	"	14.0	"	57.4	31.2	34.4	51.6	20.0	25.5	18.3
	30	"	14.0	"	59.4	28.5	35.1	54.7	20.0	39.3	19.7
	3	"	13.99	"	55.7	33.8	35.8	50.0	22.8	45.0	19.2
	4	"	13.94	"	48.0	23.5	31.8	—	13.4	26.6	17.8
	5	"	13.95	"	53.0	31.4	33.5	47.1	25.0	37.8	17.8
	31	-30	14.0	"	54.0	31.5	33.8	46.0	33.0	51.6	19.8
	32	"	14.0	"	52.5	41.5	36.4	48.5	25.0	32.9	19.8
	33	"	14.0	"	55.7	34.0	35.0	50.0	29.8	38.8	—
	6	"	13.90	"	56.9	34.3	37.8	50.1	26.5	40.2	18.9
	7	"	13.90	"	56.5	33.8	39.3	51.0	22.4	37.3	19.5
	34	-40	14.0	"	52.8	31.2	33.8	49.5	26.0	49.0	19.8
	35	"	14.0	"	55.8	—	33.8	43.4	33.0	56.7	—
36	"	14.0	"	57.8	18.2	—	48.5	28.0	59.6	19.4	

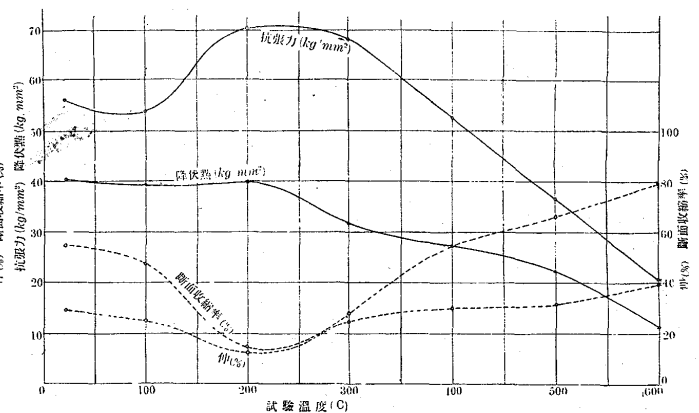
第5表 熔着鐵の低温度に於ける抗張力試験結果

採取方向	記号	試験温度 °C	試験片 寸法 mm	大最 抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	比例界 限 kg/mm <sup>2</sup>	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	破壊力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收 縮率 %	彈性係數 kg/mm <sup>2</sup>	備考
熔接の方向に直角にとりたるもの	B-22	0	14.01×50	54.4	31.2	35.7	46.7	29.2	43.9	19.5×10 <sup>9</sup>	良
	23	"	14.0 "	53.8	33.8	39.6	44.3	23.0	31.4	19.6 "	巢あり
	24	"	14.0 "	58.4	33.8	41.0	51.6	23.4	32.7	19.5 "	良
	1	"	14.0 "	59.2	36.4	41.6	52.0	18.6	33.8	17.3 "	再送附のもの良
	25	-10	13.93 "	57.2	36.8	41.3	49.4	23.7	43.5	18.5 "	標點上切斷
	26	"	13.96 "	55.4	34.0	36.8	51.6	18.2	31.0	19.6 "	巢あり
	27	"	14.0 "	53.4	36.4	40.0	47.2	—	—	18.4 "	"
	2	"	13.94 "	54.6	31.4	34.9	43.2	28.0	49.0	18.2 "	再送附のもの巢あり
	28	-20	13.98 "	55.4	33.9	36.9	49.0	19.2	39.1	19.9 "	巢あり
	29	"	14.0 "	55.1	33.8	38.7	47.8	21.6	29.3	19.8 "	"
	30	"	14.0 "	54.8	31.2	36.3	45.6	23.2	31.4	19.3 "	"
	3	"	14.0 "	55.6	28.6	37.1	50.7	24.0	34.9	18.0 "	再送附のもの良
	4	"	13.9 "	56.3	31.9	36.6	49.1	24.0	37.0	19.0 "	再送附のもの良
	5	"	13.9 "	55.2	34.1	37.6	46.5	22.8	48.0	18.2 "	"
	31	-10	14.0 "	55.6	33.2	35.8	51.7	22.0	36.2	20.0 "	巢あり
	32	"	14.0 "	55.9	31.2	38.1	47.4	27.8	50.0	20.0 "	"
	33	"	14.0 "	54.7	36.4	39.6	48.9	23.4	27.8	20.0 "	"
	6	"	13.99 "	54.2	33.8	36.5	42.9	26.0	49.0	18.6 "	再送附のもの巢あり
	7	"	13.99 "	58.4	33.8	39.9	—	16.0	20.0	18.6 "	巢あり再送附のもの
	34	-40	14.0 "	57.0	39.0	40.0	44.5	39.0	48.2	20.0 "	巢あり
35	"	14.0 "	55.7	33.8	36.6	52.4	18.8	30.0	20.0 "	標點上切斷	
36	"	14.0 "	52.8	33.8	37.9	47.0	26.8	50.9	19.9 "	"	
8	"	13.95 "	57.5	36.6	36.2	51.7	29.5	38.0	18.5 "	良再送附のもの	
9	"	14.0 "	51.1	33.8	33.7	45.1	19.0	21.6	19.3 "	巢あり再送附のもの	

第5圖 熔接の方向に採りたる熔着鐵の高温度に於ける抗張力試験結果



第6圖 熔接の方向に直角に採りたる熔着鐵高温度に於ける抗張試験結果



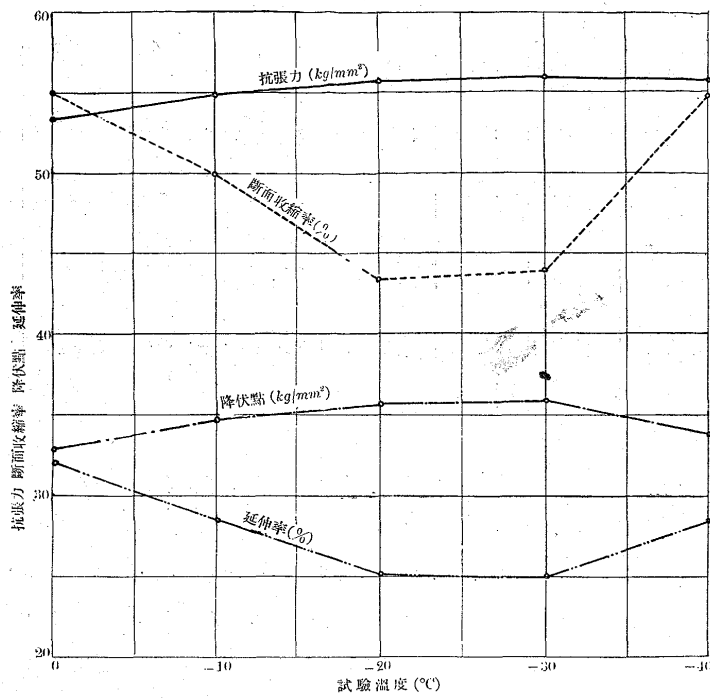
たる結果は次の通りである。

即ち第2~5表及び第5~8圖に示す如く大體の傾向は軟鋼の性質に略ぼ類似するものであるが、さりとて熔接の方向に平行にとりたる試験片と之に直角に採りたる試験片とに於て幾分の相違あることは免れない。即ち-10~+100°Cに至る温度に於ては熔接の方向に直角に採りたる試験片の抗張力及び延伸率は平行方向に採りたるものより大である、-40~+600°Cに至る間の温度に於ける前記以外の温度に於ては熔接の方向を異にする2種の試験片の抗張力は略ぼ同様にして延伸率は熔接の方向に採りたる試験片の方が大である。又高温低温を通じて降伏點は熔接方向に直角に採りたる試験片の方が大である。又高温温度に於ける熔着鐵は軟鋼に比較して抗張力及び降伏點は稍と高く延

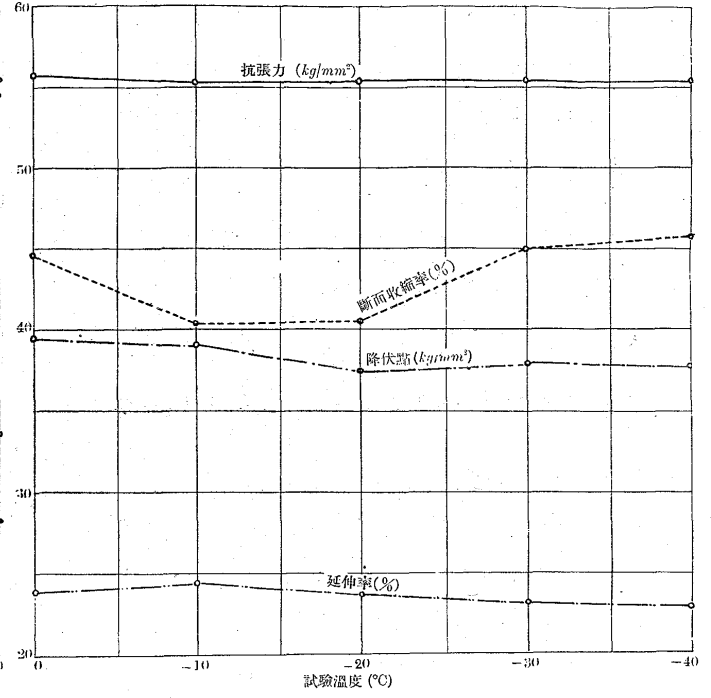
伸率及び斷面收縮率は略ぼ同様である。更に低温度に於ける熔着鐵は軟鋼に比較して抗張力、降伏點共に稍と高く延伸率及び斷面收縮率は熔接の方向に採りたるものは略ぼ軟鋼に等しく直角の方向に採りたるものは稍低くして且多少不揃ひである。

高温温度に於ける抗張力の變化を見るに常温より温度の上昇と共に100°C附近に於て一度低下し更に温度の上昇するに従ひ抗張力は一段と増加して200~250°附近に至り遂に最大値に達することは引張に依る歪硬化の影響であつて所謂靱熱脆性存在を意味するものと解すべきものである。而してこの抗張力の増加はN<sub>2</sub>含有量の多い熔着鐵程著しいと云はれてゐる。従て此の温度附近に於て延伸率や斷面收縮率の低下することは當然であるが特に注意すべき

第7圖 熔接の方向に採りたる熔着鐵の低溫に於ける抗張力試験結果



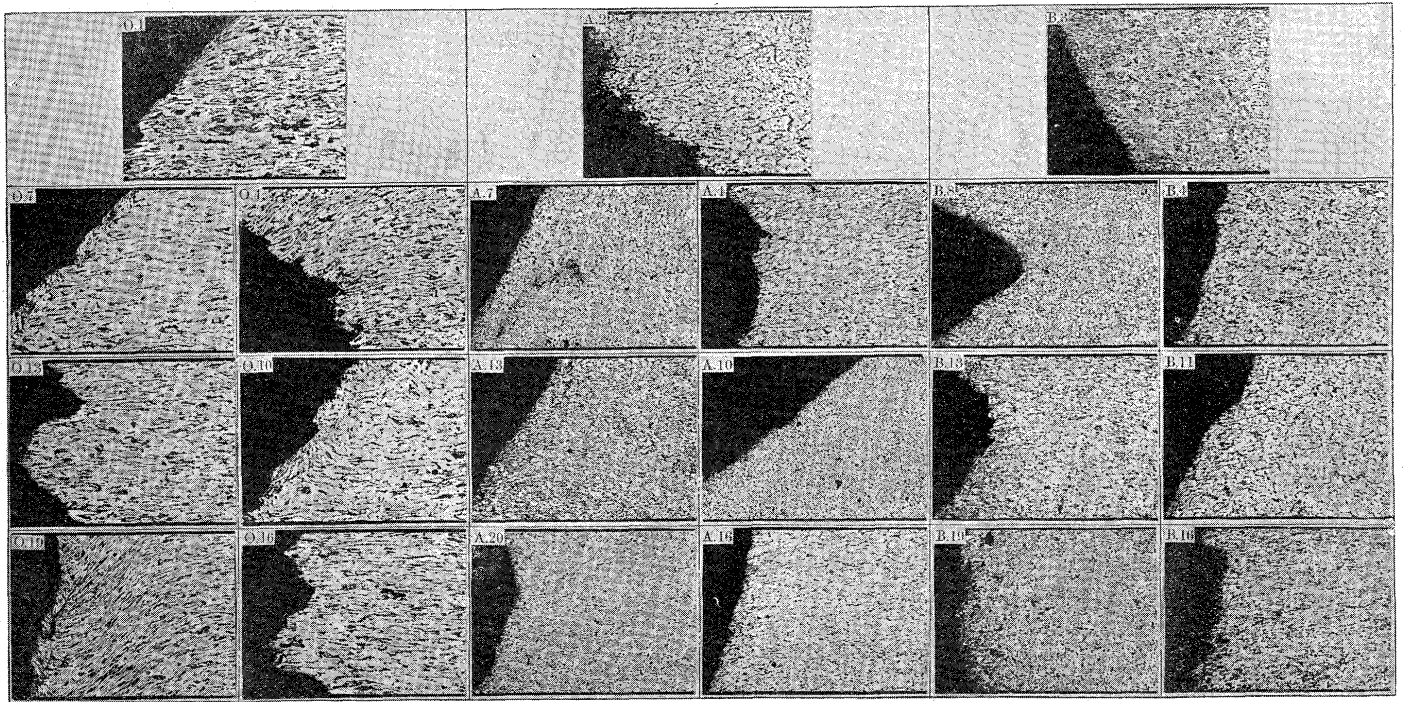
第8圖 熔接方向に直角に採りたる熔着鐵の低溫度に於ける抗張力試験結果



第9圖

第10圖

第11圖



現象は降伏點が 200°C 附近に於て僅か上昇の傾向を示すとは云へ常溫より 600°C に向て低下の一路を辿てゐる事實である。

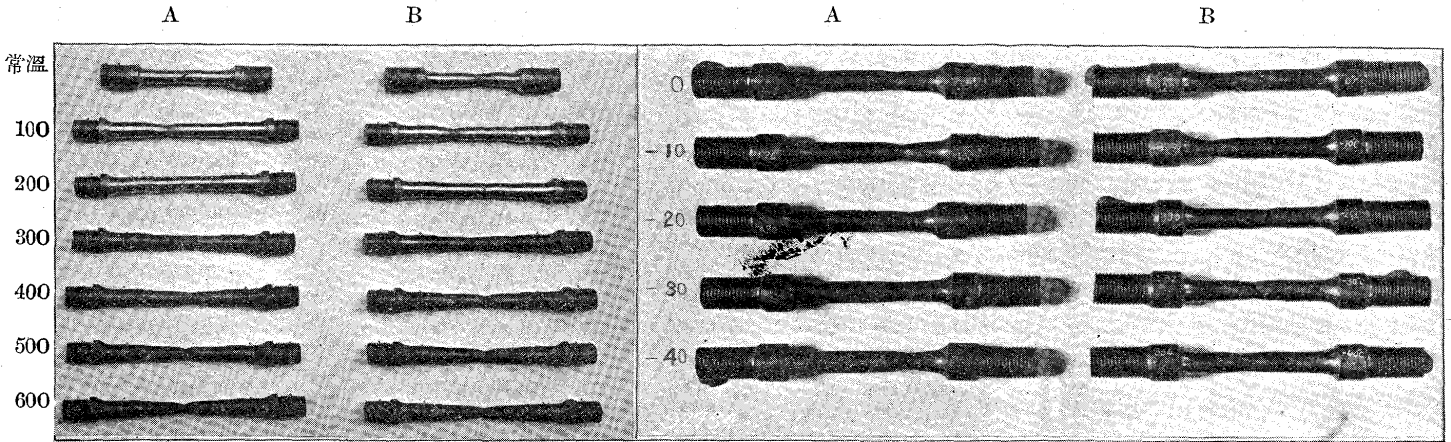
又高溫度に於て張力を受けた母材及び熔着鐵が内部組織的に如何なる變化を生じたかを示す顯微鏡寫眞は第9~11圖の通りであつて歪硬化の最大なる 200°C 附近に於ては粒子の延伸せられること少く多數の迂り線を現はしてゐる

が 600°C に至れば粘性變形を起して粒子は多少流線狀を呈してゐることが觀察せられる。

次に低溫度に於ける熔着鐵の抗張力及び降伏點は母材が -20°C を限界として 0°C 及び -40°C 方面何れにも弱くなつてゐるに反し常に母材より強く且其値は各溫度共略ぼ平均してゐるが何れかと云へば溫度の低下と共に寧ろ増加する傾向を示してゐる。尙高溫及び低溫度に於ける熔着

第12圖 デポジット メタル

第13圖 デポジット メタル



鐵抗張力試験片の破斷狀況を示す實物寫眞は第12~13圖の通りである。

響であると想像されるが、温度の上昇と共に漸次變化して100~150°C 附近に於て急激に増加して遙かに軟鋼以上の極大値に達してゐることは熔着鐵の如き比較的脆い材料の持つ特有性であると共にこの温度に於ては熔着鐵中の窒素が  $Fe_4N$  の形に於て極めて微細に析出して溶解することに基因するものであると考へられる。然るに更に温度が上昇して 300°C 附近に至るや  $Fe_4N$  の析出が大きく凝集するために迂り變形が大きくなりて硬度を減すると共に衝

4 熔着鐵の高温及び低温に於ける衝擊抵抗 第6表及び第14圖に示す如く熔接の方向及び之と直角に採りたる熔着鐵のみから作たA及びB試験片に對する衝擊値が常温に於て僅少乍ら軟鋼に劣る傾向のあることは内部應力及び焼入組織の存在に依ることは勿論であるが、同時に窒素の存在に基因する所謂常温脆性 (cold shortness) の影

第6表 高温に於ける衝擊試験結果 (3本の平均)

種類 符號	熔着鐵		
	O	A	B
23	6.0	5.27	5.23
100	8.0	8.47	8.33
207	7.2	7.73	8.03
313	6.7	4.87	4.83
420	4.3	3.27	3.53
526	3.4	2.80	2.77
600	5.3	5.13	4.93

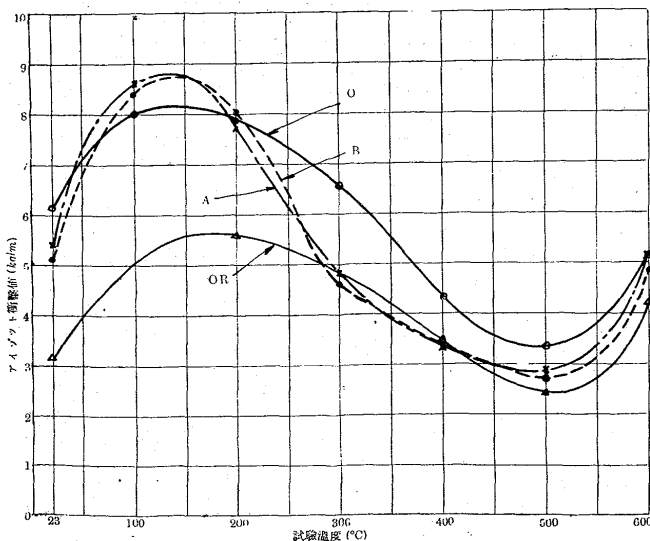
(單位—アイゾット kg.m)

第7表 低温に於ける衝擊試験結果 (3本の平均)

種類 符號	熔着鐵		
	O	A	B
23	6.0	5.27	5.23
0	4.20	3.73	4.80
-10	2.67	3.13	3.07
-20	2.0	2.93	3.03
-30	1.23	2.53	2.90
-40	0.77	2.17	2.10

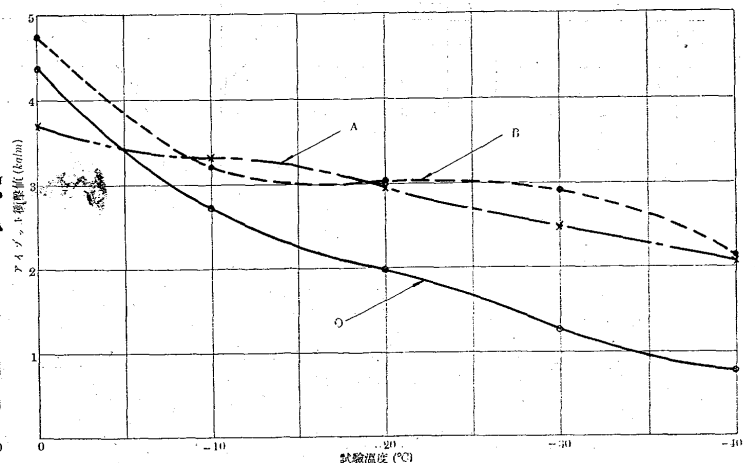
(單位—アイゾット kg.m)

第14圖 熔着鐵及び軟鋼板の高温に於ける衝擊試験結果



撃値をも低下するものと考へられる。更に 450~500°C に於て衝擊値の極少が現はれることは所謂青熱脆性の影響であることは勿論、鋼板の如く壓延等の加工を受けて居ら

第15圖 熔着鐵及び軟鋼板の低温に於ける衝擊試験結果



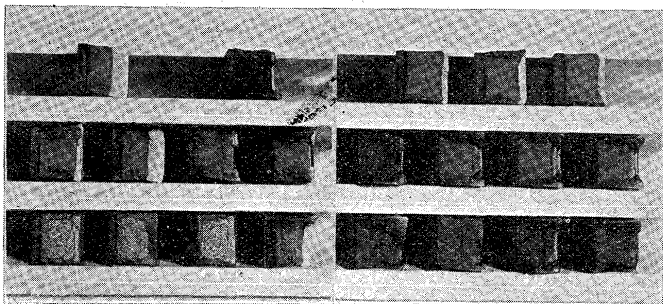
⑤

ないために比較的自由に温度の影響を受け入れて急激に其機械的性質を變化するものと思考す。

次に第7表及び第15圖に示す如く低温度に於ける熔着鐵の衝擊抵抗は軟鋼に比較して一般に優秀なる成績を現はして居ることは要するに多層熔接に依り幾度か急加熱急冷却の熱處理を受けて焼鈍及び改質せられ熔着鐵の全部又は大部分が微細化された組織となりたるためと共に Mn 含有量の比較的多いことが低温度に於ける脆性の増加を緩和したものと解すべきである。

元來衝擊を與へて試験片を破壊するに當り消費せらるる Energy の大部分は試験片を變形せしむるために要する

第 17 圖

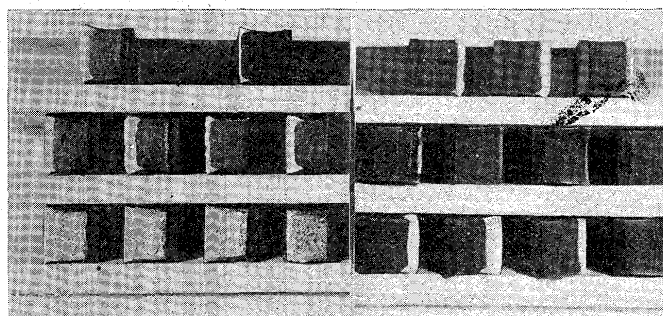


Energy であることは周知の事實であり、從て變形や延伸の少ないものは吸収さるる Energy も亦當然僅少である筈である。結晶粒間に炭化物が存在しない場合には結晶の境界は比較的靱性を有して相當の變形をした後でなければ試料は破壊せず從て吸収さるる Energy は大となる譯である。

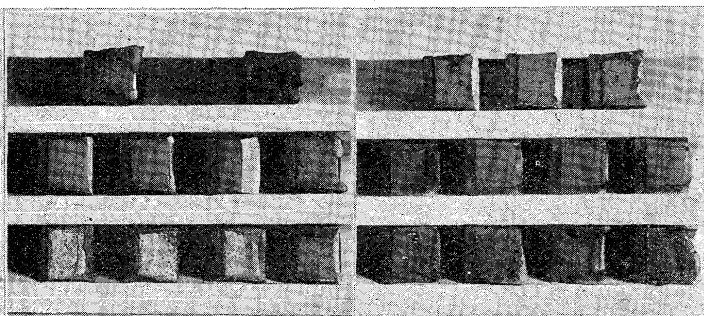
即ち焼鈍せる普通軟鋼は AR<sub>1</sub> 點以下に於てフェライトの劈開面 (cleavage plane) に析出する所の炭化物が内部切込 (internal notch) の役目を爲すものと考へられ、低温脆性はこの炭化物とフェライトの粘着力が温度の降下と共に減少する結果其切込効果が顯著となりて破斷を容易ならしむるに反し多層熔接に依り急熱急冷して微細化されて球狀セメントイトとして球狀をなして存在する炭化物の切込効果は僅少であることは勿論温度の低下に依る影響も亦著しくないためであると思考する。

尙高温及び低温度に於ける母材及び熔着鐵に對する衝擊試験後の狀況を示す 2 倍大の實物寫眞は第 16~21 圖の通りである。

第 16 圖



第 18 圖



第 19 圖 軟鋼熔接に於ける母材の各種低温度に於けるアイゾット衝擊試験結果と其の破面

0°C			-10°C			-20°C			-30°C			-40°C		
符號	破面	衝擊値 kgm	符號	破面	衝擊値 kgm	符號	破面	衝擊値 kgm	符號	破面	衝擊値 kgm	符號	破面	衝擊値 kgm
022		4.4	025		2.3	028		2.2	031		1.2	034		0.8
023		4.0	026		3.0	029		2.0	032		1.2	035		0.7
024		4.2	027		2.7	030		1.8	033		1.3	036		0.8

第 20 圖 軟鋼熔接に於けるデポジットメタル Bead の方向にとりたるものの低温度に於けるアイゾット衝撃試験結果と其の破面

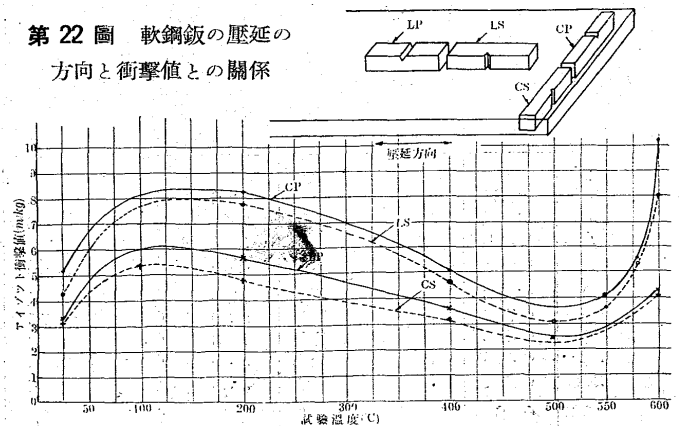
試験温度 0°C			-10°C			-20°C			-30°C			-40°C		
符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm
A22		3.7	A25		2.8	A28		3.4	A31		2.1	A35		2.3
A23		4.1	A26		3.6	A29		1.8	A32		2.8	A36		1.8
A24		3.2	A27		1.1	A30		2.8	A34		2.0	A33		2.3

第 21 圖 軟鋼熔接に於けるデポジットメタル Bead 方向に直角にとりたるものの低温度に於けるアイゾット衝撃試験結果と其の破面 (實物寫眞 2 倍大)

0°C			-10°C			-20°C			-30°C			-40°C		
符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm	符號	破 面	衝撃値 kgm
B22		5.0	B25		3.0	B28		3.0	B31		3.2	B34		2.0
B23		4.0	B26		3.2	B29		3.2	B32		2.5	B35		2.1
B24		5.4	B27		3.0	B30		2.9	B33		3.0	B36		2.2

5 高温度に於ける軟鋼板の壓延方向と衝撃値 熔接の方向及び之れと直角の方向に採りたる熔着鐵衝撃値の略ぼ同様なるに比較して軟鋼の壓延方向と之に直角の方向其他より採りたる試験片の高温度に於ける衝撃抵抗を確むるために第 22 圖に示す如く壓延方向に採りたる試験片 LP と其れに直角方向に採りたる CP 及び側面平行方向に採りたる LS 並びに側面直角方向に採りたる CS の 4 種に就て常溫より 600°C に至る温度に於て衝撃値を測定したる結果は曲線に示す通りで各温度を通じて LP>LS>CP>CS の順位であつて要するに壓延鋼板は其壓延の方向

第 22 圖 軟鋼板の壓延の方向と衝撃値との關係



に對して撰びたる衝撃用切込の方向, 換言すれば壓延鋼板

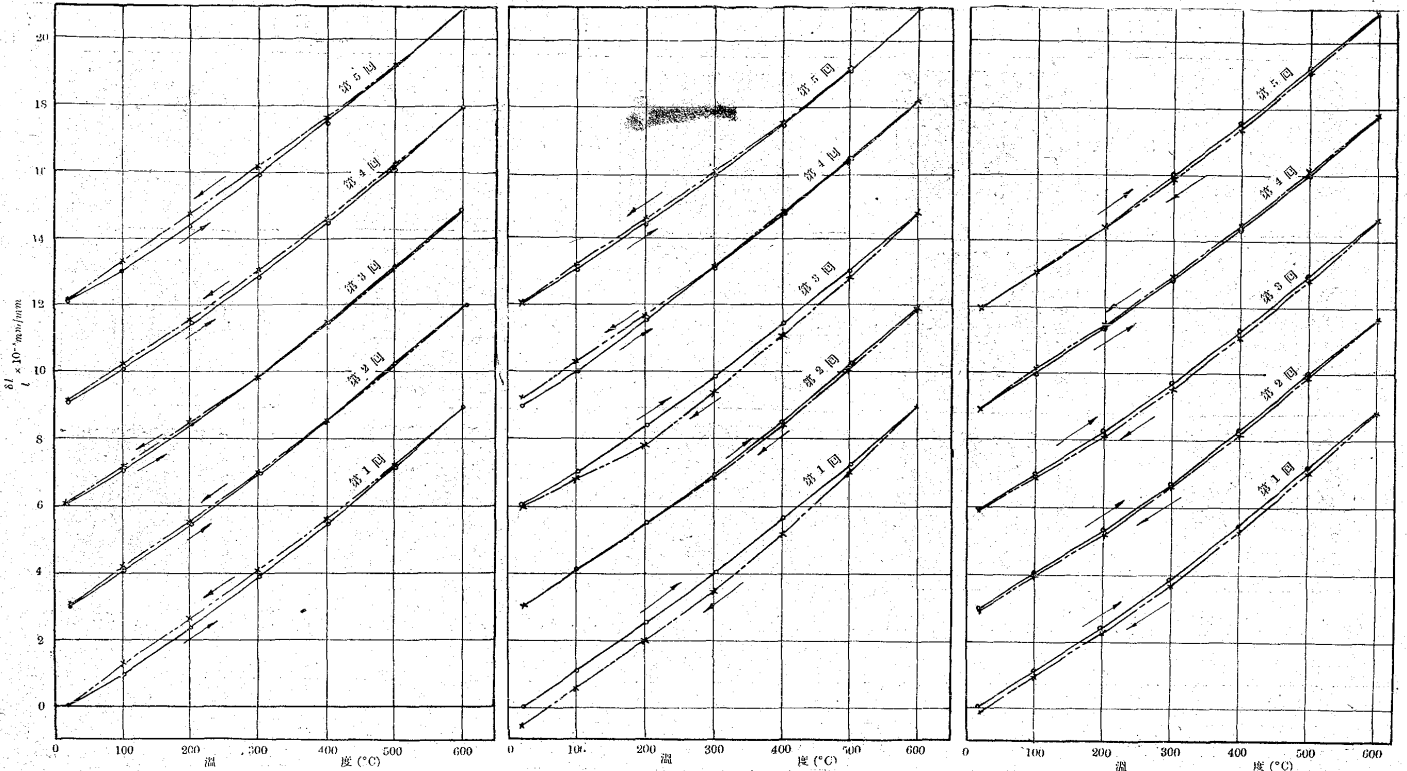


特表

第23圖 熔接用母材の熱膨脹測定O1 (試片を壓延方向に採取す)

第24圖 デポジットメタルの熱膨脹測定A2 (試片を Bead 平行に採取す)

第25圖 デポジットメタルの熱膨脹測定B1 (試片を Bead 直角方向に採取す)



第8表 熔接用母材の熱膨脹試験 O1 (試片を壓延方向に採取す)

溫度 °C	第1回		第2回		第3回		第4回		第5回	
	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm
20	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
100	0.0779	0.97	0.0852	1.07	0.0804	1.01	0.0828	1.04	0.0767	0.96
200	0.1924	2.41	0.1972	2.47	0.1912	2.39	0.1900	2.38	0.1899	2.37
300	0.3093	3.87	0.3153	3.94	0.3081	3.85	0.3069	3.84	0.3141	3.93
400	0.4335	5.42	0.4432	5.54	0.4347	5.43	0.4335	5.42	0.4432	5.54
500	0.5687	7.11	0.5759	7.20	0.5687	7.11	0.5699	7.12	0.5796	7.25
600	0.7112	8.89	0.7111	8.89	0.7063	8.83	0.7136	8.92	0.7160	8.95
500	0.5748	7.19	0.5723	7.15	0.5626	7.03	0.5772	7.22	0.5772	7.22
400	0.4457	5.57	0.4432	5.54	0.4311	5.38	0.4457	5.57	0.4530	5.66
300	0.3264	4.08	0.3214	4.02	0.3069	3.84	0.3215	4.02	0.3276	4.10
200	0.2119	2.65	0.2033	2.54	0.1924	2.41	0.2034	2.54	0.2083	2.60
100	0.1023	1.23	0.0974	1.22	0.0935	1.14	0.0950	1.19	0.0975	1.22
20	0	0	-0.0012	-0.02	0.0024	0.03	0.0037	0.05	0.0037	0.05

l... 試片の長さ = 80.0 mm

溫度範圍 °C	線膨脹係數(α)10 <sup>-6</sup>		
	第1回	第2回	第3回
20~100	12.2	13.6	12.4
100~200	14.3	14.0	13.8
200~300	14.6	14.7	14.6
300~400	15.5	15.9	15.8
400~500	16.8	16.5	16.7
500~600	17.7	16.8	17.1
	第4回	第5回	平均值
20~100	12.8	12.1	12.7
100~200	13.4	14.1	13.9
200~300	14.6	15.5	14.8
300~400	15.8	16.1	15.8
400~500	17.0	17.0	16.8
500~600	17.8	16.9	17.3

第9表 デポジットメタルの熱膨脹試験 A2 (試片を Bead と平行に採取)

溫度 °C	第1回		第2回		第3回		第4回		第5回	
	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹(δl) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm
20	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
100	0.087	1.09	0.085	1.06	0.079	0.99	0.0780	0.98	0.0829	1.04
200	0.204	2.55	0.197	2.46	0.190	2.38	0.2047	2.56	0.1950	2.44
300	0.320	4.00	0.313	3.91	0.309	3.86	0.3314	4.14	0.3120	3.90
400	0.447	5.59	0.440	5.50	0.435	5.44	0.4593	5.74	0.4375	5.47
500	0.573	7.16	0.572	7.15	0.563	7.04	0.5921	7.40	0.5703	7.13
600	0.716	8.95	0.711	8.89	0.700	8.75	0.7310	9.14	0.7165	8.96
500	0.565	7.06	0.570	7.13	0.549	6.86	0.5897	7.37	0.5752	7.19
400	0.415	5.19	0.437	5.46	0.408	5.10	0.4581	5.73	0.4436	5.55
300	0.281	3.51	0.310	3.88	0.277	3.46	0.3338	4.17	0.3218	4.02
200	0.160	2.00	0.191	2.39	0.143	1.79	0.2144	2.68	0.2048	2.56
100	0.044	0.55	0.089	1.11	0.062	0.78	0.1023	1.28	0.0976	1.22
20	-0.051	-0.64	-0.002	-0.03	-0.005	-0.06	0.0121	0.14	-0.0011	-0.01

溫度範圍 °C	線膨脹係數(α)10 <sup>-6</sup>		
	第1回	第2回	第3回
20~100	13.7	12.8	12.5
100~200	14.5	14.0	13.8
200~300	14.5	14.5	14.9
300~400	15.7	15.8	15.7
400~500	15.7	16.5	16.0
500~600	17.8	17.2	16.9
	第4回	第5回	平均值
20~100	12.3	13.0	12.9
100~200	15.8	14.0	14.4
200~300	15.8	14.6	14.9
300~400	15.9	15.6	15.7
400~500	16.5	16.5	16.2
500~600	17.3	18.2	17.5



第 10 表 デポジットメタルの熱膨脹試験 B1 (試片を Bead と直角方向に採取す)

温度 °C	第 1 回		第 2 回		第 3 回		第 4 回		第 5 回	
	膨脹( $\delta l$ ) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹( $\delta l$ ) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹( $\delta l$ ) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹( $\delta l$ ) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm	膨脹( $\delta l$ ) mm	$\frac{\delta l}{l} \times 10^{-3}$ mm/mm
18	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
100	0.087	1.09	0.083	1.04	0.078	0.98	0.0853	1.07	0.0792	0.99
200	0.192	2.40	0.189	2.36	0.183	2.29	0.1974	2.47	0.1949	2.44
300	0.314	3.93	0.305	3.81	0.302	3.78	0.3107	3.87	0.3179	3.97
400	0.443	5.54	0.431	5.39	0.431	5.39	0.4325	5.41	0.4458	5.57
500	0.578	7.23	0.557	6.96	0.561	7.01	0.5604	7.01	0.5762	7.20
600	0.711	8.89	0.693	8.66	0.693	8.66	0.7017	8.77	0.7114	8.89
500	0.566	7.08	0.555	6.94	0.550	6.88	0.5677	7.10	0.5676	7.10
400	0.427	5.34	0.419	5.24	0.416	5.20	0.4373	5.47	0.4324	5.41
300	0.299	3.74	0.297	3.71	0.288	3.60	0.3143	3.93	0.3069	3.84
200	0.177	2.21	0.181	2.26	0.168	2.10	0.1973	2.47	0.1875	2.34
100	0.078	0.98	0.081	1.01	0.071	0.89	0.0974	1.22	0.0876	1.10
18	-0.011	-0.14	-0.002	-0.03	-0.006	-0.08	-0.0037	-0.05	-0.0026	-0.03

温度範囲 °C	線膨脹係数( $\alpha$ ) $10^{-6}$		
	第 1 回	第 2 回	第 3 回
18~100	13.3	12.6	11.9
100~200	13.1	13.4	13.2
200~300	15.3	14.4	14.9
300~400	16.0	15.7	16.0
400~500	16.8	15.7	16.2
500~600	16.6	16.9	16.5
	第 4 回	第 5 回	平均値
18~100	13.2	12.4	12.7
100~200	14.0	14.5	13.6
200~300	14.2	15.4	14.8
300~400	15.2	16.0	15.8
400~500	15.9	16.2	16.2
500~600	17.6	16.8	16.9

は衝撃を受くる方向に依りて其の抵抗を異にするものである。

6 高温度に於ける熔着鐵の熱膨脹 長さ 80 mm, 直径 5 mm の軟鋼及び全熔着鐵をとり之を常温より 600°C に至る温度範囲に於て 5 回連続して繰返し加熱及び冷却を繰り返したる場合の膨脹並に收縮を測定したるものが第 8~10 表並に第 23~25 圖に示す通りであつて熔着鐵も軟鋼同様殆ど可逆的の性質を有し加熱及び冷却に於て其變化の温度差は著しく無いが曲線第 23~25 圖に示す如く膨脹及び收縮の往復線の位置が軟鋼と熔着鐵とに於て上下を異にしてゐる。即ち熔着鐵は膨脹收縮の差が軟鋼より大なることを示し又熔着鐵のビードに平行に採た

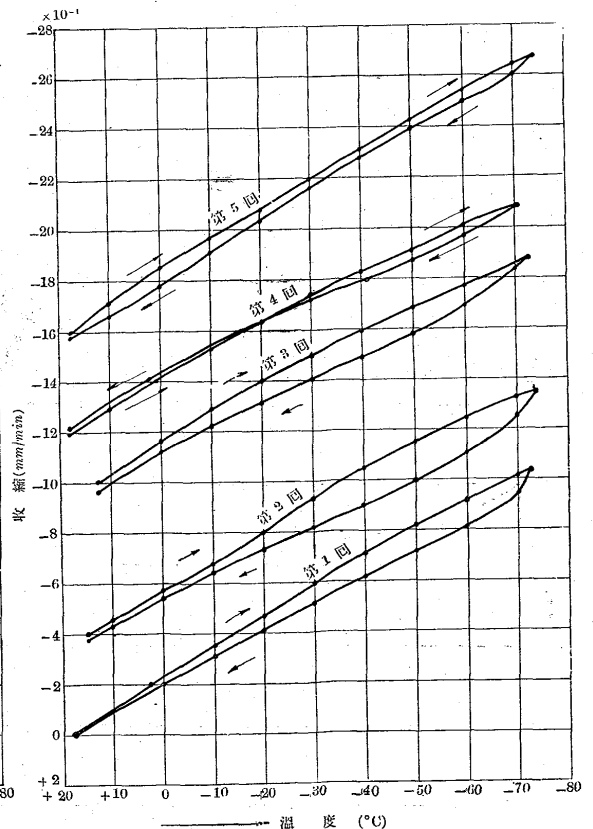
試験片の線膨脹係数がビードに直角に採りたるものゝ其れに比して僅かながら大なることを示して居ることである。

7 低温度に於ける熔着鐵の收縮係數 第 11~12 表及び第 26~27 圖に示す如く低温度に於ける熔着鐵の收縮係數は 0°C より -70°C に至る範囲に於て

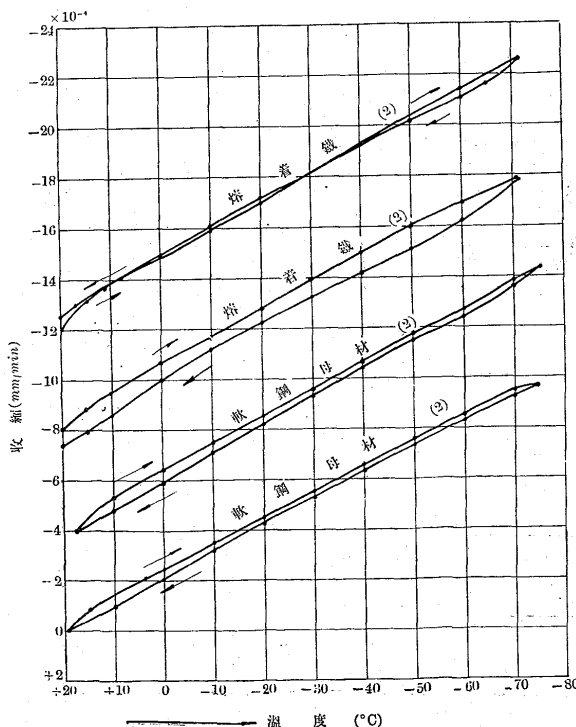
第 11 表 軟鋼及び熔着鐵の收縮係數

温度(°C)	軟鋼母材 (1)	軟鋼母材 (2)	熔着鐵 (1)	熔着鐵 (2)
	$\times 10^{-5}$	$\times 10^{-5}$	$\times 10^{-5}$	$\times 10^{-5}$
0~室温	(19.2) 1.22	(17.4) 1.32	(20.6) 1.31	(19.8) 1.41
+10	0.84	0.88	0.99	0.95
-10	1.10	1.02	1.06	1.20
-20	1.12	1.10	1.07	1.15
-30	1.10	1.11	1.07	1.13
-40	1.01	1.09	1.07	1.12
-50	1.01	1.08	1.06	1.12
-60	1.03	1.09	1.04	1.12
-70	1.01	1.11	1.02	1.10
平均	1.05	1.09	1.08	1.16

第 27 圖 熔着鐵の繰返し冷却收縮曲線



第 26 圖 軟鋼及び熔着鐵の冷却收縮曲線





第12表 熔着鐵の繰返し収縮係數

温度(°C)	一回	二回	三回	四回	五回
0~室温	(17.7)1.30	(14.8)1.25	(12.5)1.34	(17.7)1.22	(17.3)1.42
+10	1.27	1.20	1.22	1.18	1.25
-10	1.22	1.17	1.16	1.11	1.20
-20	1.21	1.19	1.13	1.07	1.20
-30	1.20	1.15	1.08	0.99	1.18
-40	1.16	1.08	1.05	0.99	1.17
-50	1.17	1.10	1.03	0.99	1.16
-60	1.15	1.07	1.02	0.98	1.16
-70	1.12	1.03	1.00	0.96	1.14
平均	1.20	1.14	1.11	1.05	1.21

は殆ど軟鋼に類似して居て特異性を認めざる程度であるが仔細に検討するときは第1回の収縮に於て熔着鐵は軟鋼に比較して常溫より +10°C 迄は収縮係數大であり -10°C より -30°C 迄は小であり更に -40°C から -70°C 迄は再び大となつて居り全部の平均に於ては熔着鐵の収縮係數の方が大なる値を示してゐる。

次に第2回目の冷却収縮試験に於ては最後の -70°C の場合を除き凡て熔着鐵の収縮係數の方が軟鋼より大なることを現はしてゐる。

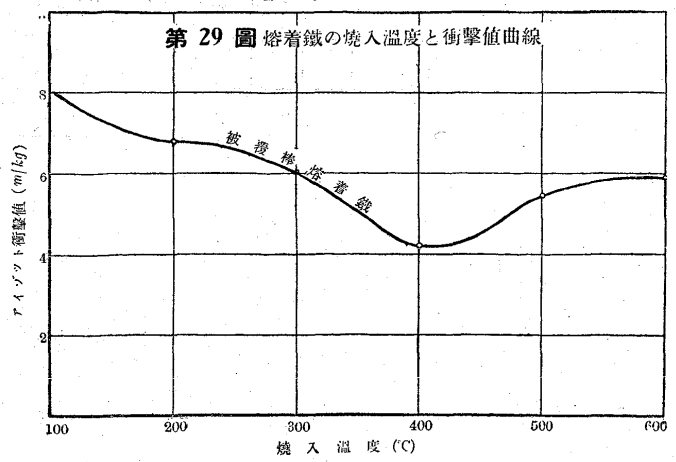
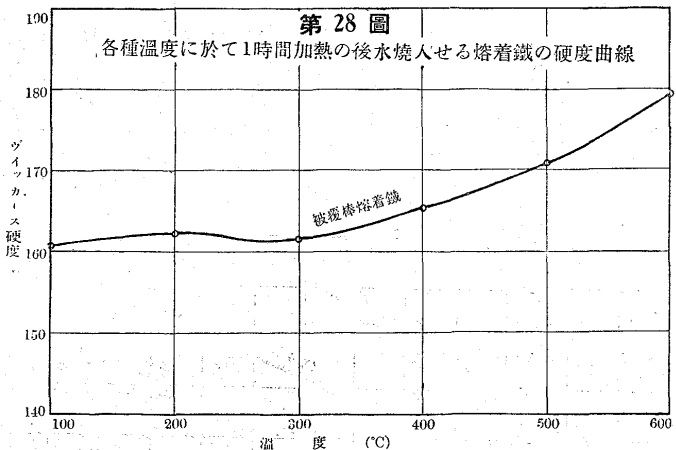
8 熔着鐵の焼入 熔着鐵を標準寸法に加工せる衝撃試験片を以て 100, 200, 300, 400, 500 及び 600°C の各温度に於て 30 分間保熱したる後 20°C の水中に焼入し

て其硬度を測定し引續き衝撃試験を施行したる結果は第28 ~ 29 圖の通りであつて焼入に依る硬度の變化は其焼入温度の上昇するに従て 300°C の場合を除き漸次増加の傾向を辿て居る。

次に焼入後の衝撃値は 400°C の場合を除き原則として焼入温度の高いもの程低下してゐる。

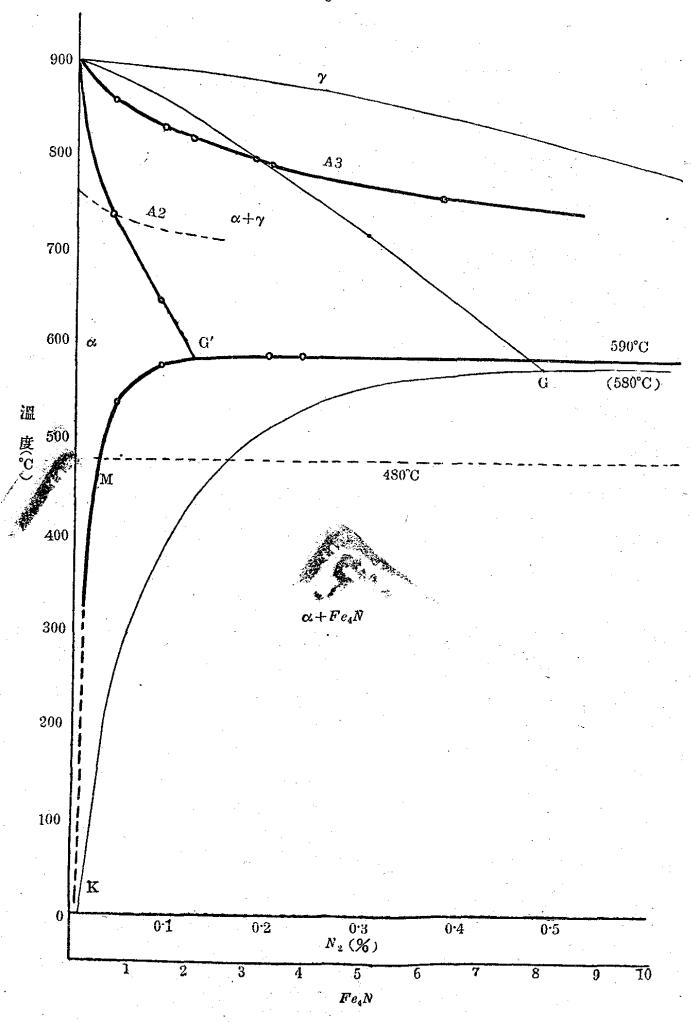
以上の如く温度の上昇(600°C 迄)と共に硬化して衝撃値を減する理由を案するに熔着鐵は第1表に示す如く窒素の含有量比較的大なる爲第30圖鐵-窒素系状態圖に示す理由に基き 600°C 迄の温度から焼入することに依りて熔着鐵中に溶解せる窒素が分散硬化 (Dispersion hardening) を起したるがためである。即ち窒化物の微粒が  $\alpha$ -鐵中に分散して  $\alpha$ -鐵の迂り變形を著しく困難とし同時に之等の異粒子の結晶粒界は原子距離に大なる格子歪を與へて一層粘性變形に對する抵抗を増加するがために硬化するのである。

然るに 300°C に於ては窒素が  $Fe_4N$  の形に於て大きく折出して凝集するために迂り變形が大きくなりて硬度を減



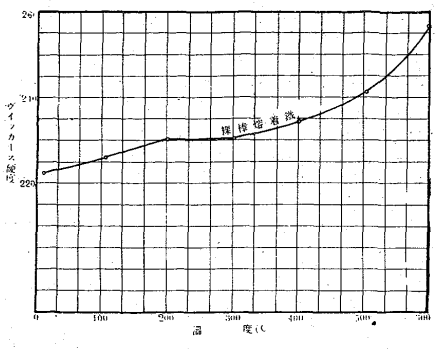
第30圖 鐵-窒素系 状態圖

By A. Fry, & M. Portevin.

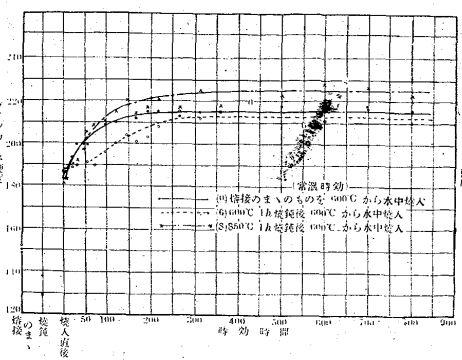




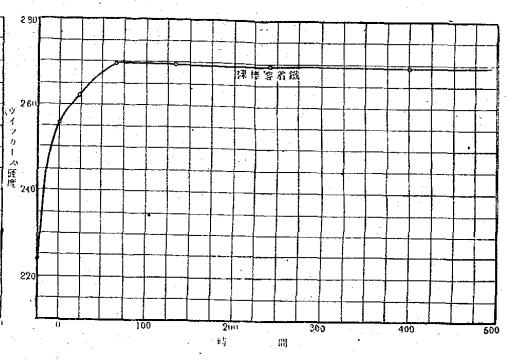
第 31 圖 各種温度に於ける 1 時間加熱の後水焼入せる熔着鐵の硬度曲線



第 32 圖 熔着鐵の焼入による時効硬化



第 33 圖 600°C より焼入せる熔着鐵の室温に於ける時効硬化を示す曲線



することは前述せる通りであるが斯る状態に在る熔着鐵を 300°C より水焼入するために焼入後に至るも尙ほ幾分其名残を留めて硬度の増加する割合が少いものと想像さる。

更に第 31 圖に示す如く裸棒を使用して窒素の含有量の 0.111% の多量を有する熔着鐵の焼入硬化の特に著しき理由は斯る熔着鐵は所謂窒素の過飽和状態(Supersaturated Solution) にありて而も其過飽和溶解は極めて不安定なるが故に容易に破壊して急速に分散硬化を起し得る如き状況にあるがためである。

9 熔着鐵の時効

全熔着鐵の時効現象を試験するために熔着の儘の試験片、次に熔着鐵を 600°C に 1 時間焼鈍後爐中冷却せるもの、及び 850°C に 1 時間焼鈍後爐中冷却せる 3 種の試験片を採りて之を再び 600°C に於て 30 分間保熱後急に 20°C の水中に焼入したる後に 800 時間を経過せる間に起りたる時効硬化の模様を曲線に描いて見ると第 32 圖の通りである。

即ち熔着せる儘の試験片は比較的急速に硬度を増して 250~300 時間にして一定の値に達するが 600°C に於て焼鈍したるものの時効硬化は最小にして而も其速度が比較的遅く 400 時間にして略一定の値に達することは熔着鐵内に存在せる残留應力が焼鈍に依りて除去せられたるがためと考へられる。

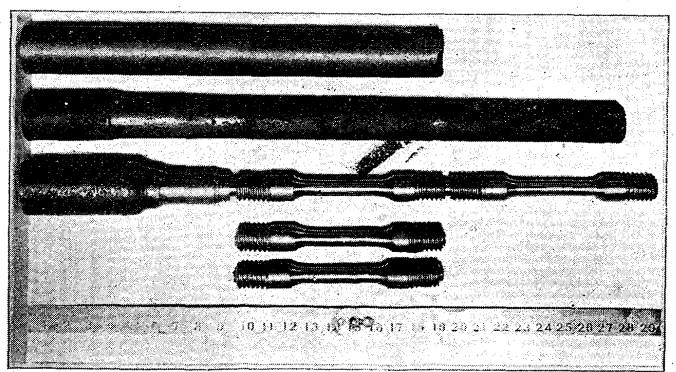
次に 850°C に於て焼鈍せる試験片の硬化速度は熔着せる儘のものに比較して幾分おそく 400 時間を経過したる點に於て一定値に達してゐる。而してこの試験片の時効硬化の程度が前二者に比較して特に高い理由は窒素の分散硬化の外に熔着鐵内に一部游離状態で存在した炭素が 850°C の高温で焼鈍されたために全部炭化鐵として化合状となりたるが故に比較的低温度(600°C)より焼入せるにも拘らず硬化の程度が著しいのである。加之熔着鐵中に含まるる Mn はこの炭化鐵と結合して複炭化物を形成し、一層熔着

鐵の硬度を増す作用を助くるものである。(因に Mn の含有量が豊富なときは熔着鐵中の硫黄と化合して MnS となり益々硬度及び脆弱性を増するものである。然れ共熔接の際比較的長く熔解状態を繼續すればこの化合物は浮き上り熔滓となりて除去せらるゝことゝなるから案ずるには及ばない)。更に第 33 圖に示す如く裸棒を使用せる窒素含有量 0.111% なる熔着鐵の時効硬化の速やかにして且高いことは焼入するや否や直ちに窒素の過飽和溶解が破壊して急激に分散硬化が行はれて最高硬度に達するがためである。

10 熔着鐵の鍛冶加工温度と機械的性質に就いて

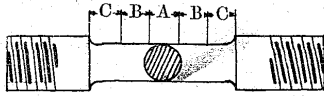
最近に至る迄一般の技術者の意見は熔着鐵が鑄造金屬であると云ふ理由の下に其鍛冶加工は不可能のことゝ信ぜられて居たのであるが、熔接を専門とする技術家は以前より其可能なることを認めて實際の作業を進めて居たのである。

第 34 圖



第 34 圖に示す如き順序を以て製作したる 2 本宛の試験片を第 13 表~第 35 圖に示す如く縦軸に抗張力、降伏點、延伸率及び断面收縮率を採り横軸に 500~1,200°C に至る加工温度を採りて曲線を書いて見ると、抗張力は 500°C に於て最大 65.15 kg/mm<sup>2</sup> を示し漸次低下して 800°C に至り最低 45.8 kg/mm<sup>2</sup> に降り一端 900°C に於て

第 13 表 熔着鐵の鍛冶加工温度と機械的性質



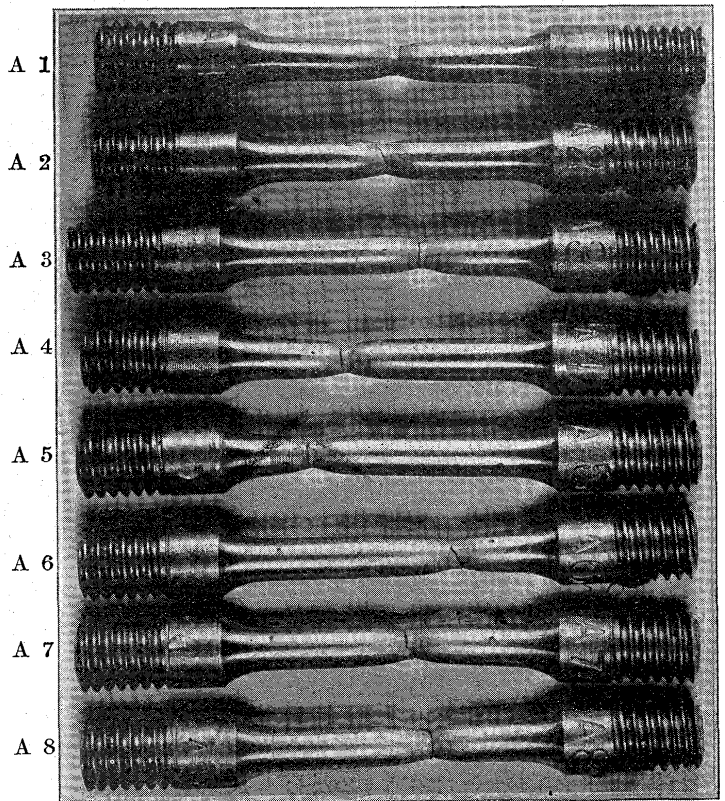
試験符號	加工温度 °C	標點距離 mm	直徑 mm	面積 mm <sup>2</sup>	降伏點 (kg/mm <sup>2</sup> )	抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	断面收縮 (%)	切斷位置
A <sub>1</sub> -1	500	28	7.98	50.0	55.0	61.4	25.0	38.3	A
A <sub>1</sub> -2		28	7.96	49.8	60.9	68.9	16.0	44.5	B
平均			7.97	49.9	57.95	65.15	20.5	46.4	
A <sub>2</sub> -1	600	28	7.99	50.1	48.9	57.8	22.8	54.3	A
A <sub>2</sub> -2		28	7.99	50.1	42.3	52.9	28.2	62.1	B
平均			7.99	50.1	45.6	55.35	25.5	58.2	
A <sub>3</sub> -1	700	28	7.97	49.9	35.9	51.7	26.7	64.5	A
A <sub>3</sub> -2		28	7.99	50.1	36.3	49.1	24.2	59.3	B
平均			7.98	50.0	36.1	50.4	25.325	61.9	
A <sub>4</sub> -1	800	28	8.00	50.3	35.4	45.2	31.0	63.3	A
A <sub>4</sub> -2		28	7.98	50.0	38.0	46.4	28.9	61.5	B
平均			7.99	50.15	36.7	45.8	29.95	62.4	
A <sub>5</sub> -1	900	28	7.95	49.6	32.6	51.2	31.4	62.8	B
A <sub>5</sub> -2		28	7.98	50.0	32.0	50.6	22.1	61.8	C
平均			7.965	49.8	32.3	50.9	26.75	62.3	
A <sub>6</sub> -1	1,000	28	7.99	50.1	28.9	46.3	29.2	58.5	A
A <sub>6</sub> -2		28	7.99	50.1	28.9	50.5	31.7	60.8	A
平均			7.99	50.1	28.9	48.4	30.45	59.65	
A <sub>7</sub> -1	1,100	28	7.97	49.9	26.7	45.3	29.2	60.6	A
A <sub>7</sub> -1		28	8.00	50.3	31.2	49.7	33.2	60.9	A
平均			7.985	50.1	28.95	47.5	31.2	60.75	
A <sub>8</sub> -1	1,200	28	7.99	50.1	28.7	48.9	35.3	60.8	A
A <sub>8</sub> -2		28	7.98	50.0	31.0	47.6	31.0	59.6	A
平均			7.985	50.05	29.85	48.25	33.15	60.2	

現はしたることは云ふ迄もなく靑脆性の影響と斷すべく又 900°C に於て同様の傾向を示したることは所謂赤熱脆性の存在を意味するものと思はせらる。

而して鍛冶加工温度は延伸率の最も大なる點を以て最良とするが故に熔着鐵に於ては 800°C 附近及び 1,000~1,200°C 邊に於て鍛冶するを適當とするものである。因に鍛冶加工せる試験片の抗張力試験後の狀況を示す實物寫眞は第 36 圖の通りである。

11 低温度に於ける比重に就て 軟鋼及び熔着鐵が低温度に曝された場合には體積の收縮を示すもので其收縮に依り比重にも變化を及ぼす即ち容積が縮少する程比重は大となる。本試験に於ては第 37 圖に示す如く母材及び熔着

第 36 圖

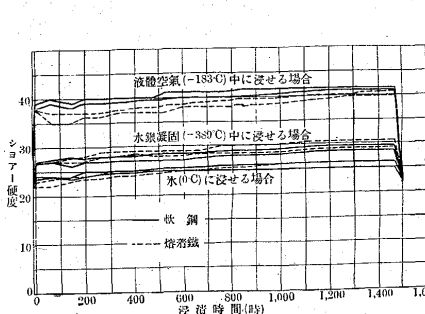


63823

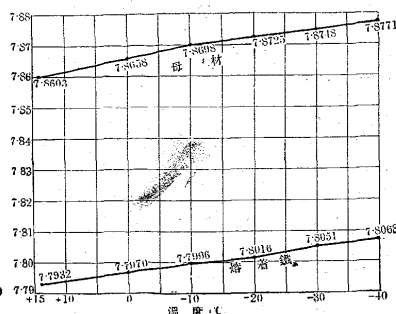
50.9 kg/mm<sup>2</sup> に昇り再び低下して 1,100 及び 1,200°C の 47.5 及び 48.25 kg/mm<sup>2</sup> に及んで居る。降伏點は 500°C に於て最大 57.95 kg/mm<sup>2</sup> を示し 800°C に於て僅かに上昇して 36.7 kg/mm<sup>2</sup> を示すの外漸次低下して 1,100 及び 1,200°C の 28.95 及び 29.85 kg/mm<sup>2</sup> に及んで居る。

延伸率は偶然にも抗張力と對稱的の曲線を現はして 500°C に於ては最小 20.5% を示し漸次上昇して 800°C に至り 29.95% を示したるものが一端 900°C に於て 26.75% に降り更に上昇して 1,200°C に至り 33.15% の最高値に達して居る。断面收縮率は 500°C に於て最小 6.4% を示し 800°C に於て最大 62.4% を示すものゝ大體に於て上昇の一路を辿て居るものと解すべきである。而して 500°C に於て抗張力は最大を示し延伸率は最少を

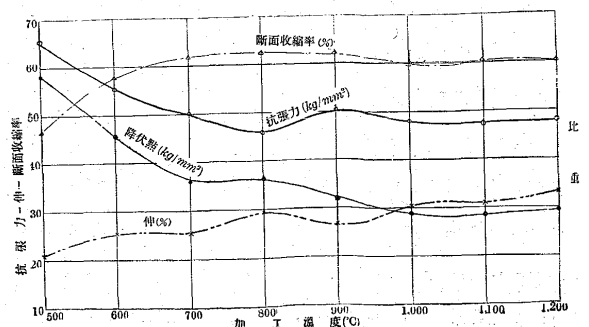
第 35 圖 熔着鐵の鍛冶加工温度と機械的性質曲線 (2 本の平均)



第 37 圖 軟鋼熔接に於ける母材及熔着鐵の低温度に於ける比重比較



第 38 圖 軟鋼母鐵及び軟鐵熔着鐵の低温度に於ける時效硬化



(在) 30

鐵に就て室温より  $-70^{\circ}\text{C}$  に至る間の收縮量を知りて低温度に於ける比重を求め爲に試料を液體空氣にて冷却して豫めデラトメーターを以て試料の收縮量を測定したる後次の算式に依りて比重を求めたるものである。

$$\text{S.G.} = \frac{K \cdot W}{(W - W_1)(1 - 3I)}$$

$W$  = 室温に於ける試料の重量

$W_1$  = 室温と同温度の水中に於ける試料の重量

$I$  = 室温と測定せんとする温度との差に依る收縮量

$K$  = 室温に於ける水の密度係數

上式に依りて算出せる結果は第 37 圖及び第 14 表に示す如く軟鋼及び熔着鐵共に温度の低下と共に比重を増加して居る。又上記の算式に依りて明かなる如くプロホールや

第 14 表 低温度に於ける比重

温度	軟比	鋼重	熔着比	鐵重	温度	軟比	鋼重	熔着比	鐵重
15°C	7.8603	7.7932			差	0.0027	0.0020		
0°C	7.8658	7.7970			-20°C	7.8725	7.8016		
差	0.0045	0.0038			-30°C	7.8748	7.8051		
0°C	7.8658	7.7970			差	0.0023	0.0035		
-10°C	7.8698	7.7996			-3°C	7.8748	7.8051		
差	0.0040	0.0026			-40°C	7.8771	7.8068		
-10°C	7.8698	7.7996			差	0.0023	0.0017		
-20°C	7.8725	7.8016							

熔滓混入の爲めに熔着鐵に對する  $W_1$  の値が軟鋼に比較して過小に測定さるる筈であるから自然  $(W - W_1)$  の値は熔着鐵の方が大きく現はれ従て其比重は小さく出るのが當然である。

12 低温度に於ける熔着鐵の硬度 金屬は低温度に於て其性質の上に色々の變化を現はす、即ち一方に於ては電氣抵抗を減じ、強磁性體となり、或は衝撃に依る振動數に影響を及ぼし又は體積を縮少する等のことが數へらるゝが現在の工學上に於て最も重大と考へらるゝことは著しく硬度を増して脆くなる現象である。従て熔着鐵が高度の低温度に曝された場合に於て其硬度に如何なる變化を生ずるか又其變化は可逆的である否かを確むる爲に軟鋼及び熔着鐵を水中 ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 水銀の凝固せる中 ( $-38^{\circ}\text{C}$  及  $-89^{\circ}\text{C}$ ) 及び液體空氣 ( $-183^{\circ}\text{C}$ ) 中に長時間浸漬したるものゝ硬度變化を示す曲線を畫いて見ると第 38 圖に示す如く試料の硬化度は其冷却液の温度が低い程である即ち浸漬前の母材の硬度がショアの 23~24 のものが液體空氣に浸したるものは

第 15 表 母鐵及び熔着鐵の寒冷前後の硬度數

	液體空氣中に浸したるもの		水銀凝固中に浸したるもの		水中に浸したるもの	
	母鐵	熔着鐵	母鐵	熔着鐵	母鐵	熔着鐵
浸漬前の硬度	24.24	23.23	23.23	24.24.23	22.23.23	23.23.22
	23.22.5	23.5.23	23.24	24.5.23.25	23.22.23	22.5.23.23
	22.5	23.5.24	23.22			
		23.23	23.5	24.24.23	23	22.22.23
	(24~25.5)	(24~22.5)	(24~22)	(25~23)	(23~22)	(23~22)
浸漬後の硬度	24.24.24	24.23	24.24	24.24	23.23.5	23.23
	24.24.23	24.24	23.5.24	25.25	23.24	23.24
	25.25	24.23	24.24	25.24	23.24	23.23
		(24.23)	(24~23)	(25~24)	(24~23)	(24~23)
浸漬中の最高硬度 (1,170 時間後)	41.5~41	40~39.5	29.5~28	30.5~29	25~26	25~26

38~39 凝固水銀中のものは 28.5~29.5 水中のものは 25~26 となつた。又時間の経過と共に硬度を増すが其割合は浸漬前に 23~24 のものが浸漬後で 38~39 となり之が 1,170 時間後に 41~41.5 となる程度で其時効化現象は短時間の硬化現象に比し比較的輕微である。斯くの如く低温度に冷却して硬化せるものが温度を常温に戻す事に依て元の硬度に復歸するか否かは第 15 表及び第 38 圖に示す如く母材、熔着鐵共に大部分は浸漬前の硬度に立戻るが僅かに残留硬化量を示して居る。而して液體空氣中に浸したるものは比較的短時間で硬化し又水銀及び水中に浸したるものは前者に比較して多少徐々に硬化する様であるが何れの場合も熔着鐵の硬化度は軟鋼と略ぼ同一であつて寧ろ少い位である。

此の事實は要するに幾度か急加熱急冷却の熱處理を受けて良く微細化されたる球狀セメントイトの如き緻密なる組織の影響に歸すべきである。

### 結 語

以上各項に互りて全熔着鐵の高温及び低温度に於ける機械的性質の變化と熔着鐵中に含有する窒素の影響とに就て説明した。

尙ほ進んでは窒素と共に熔着鐵の性質に對して重要なる役割を演ずるものと思はせらるゝ酸素の影響に就ても検討し度いのであるが、周知の通り熔着鐵中の酸素は  $\text{FeO}$   $\text{SiO}_2$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  又は  $\text{MnO}$  等の形に於て存在するのみならず其檢出が甚だ困難なる爲本報告からは除外した譯である。酸素が主として熔着鐵の時効硬化等に影響するのは  $\text{FeO}$  の如く熔着鐵中に溶解して存在する場合であつ

て  $SiO_2$  の如く珪酸として溶解せず存在する如き場合には何等の時効硬化をも起さないし又  $MnO$  の如きは熔接の際に熔滓として除去せらるゝが故に問題とするに足らぬものである。

加之結晶粒間に介在して悪影響を及ぼす酸化物も多層熔接を行ふ場合には其特性たる結晶粒の微細化作用に依る非金屬質の微細なる散亂の爲に此等の影響が解消すると想像さるゝことである。而して其一例とも考へらるゝことは一般に酸素含有量の高い鋼は低温度に於ける衝撃値が著しく低いと稱せらるゝに係らず前述せる如く低温度に於ける熔

着鐵の衝撃値が軟鋼に勝る成績を示して居ることで、此の一事を以て見るも熔着鐵中に含有する酸素の影響に就ては餘り問題とするに足らぬのではないかと考へらるゝ節もあるが尙ほ疑問を留めて將來の研究に俟つこととする。

終りに臨み本研究は日本學術振興會から受けた補助金を以て行たものであることを附記して謝意を表すると共に多大の援助を賜た佐々木新太郎氏を始め試験片の製作を受持た浦吉弘氏及び終始熱心に實驗を擔當された内田正穂、酒見次六、出口春造三氏の好意に對して厚く御禮申上げる次第である。(終)

## Al 合金の二三の性質に就て (第1報)

森 永 卓 式\*

### SOME PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOYS.

Takuyū Morinaga.

**SYNOPSIS:**—The author determined the effects of the addition of a small amount of metals such as iron, silicon, magnesium, calcium, lead, tin, zinc, cadmium, bismuth, antimony, copper, nickel and manganese, upon the properties of aluminium (99.8%). The specimens were chill-cast in mould and were cold-drawn to wires using dies. These were annealed at 300°C for 4 hours.

For quenching, these annealed specimens were heated to 500°C or 550°C; after having been kept at such temperature for one hour, they were quenched in cold water.

For measuring the specific electrical resistance, a Leeds & Northrup type potentiometer was used. All measurements were made at 20°C. The tensile strength of specimens has been determined by a Schopper's testing machine.

A summary of the results of the investigation is given below.

(1) With addition of iron, the specific electrical resistance and tensile strength gradually increased.

(2) In the hard drawn and annealed specimens, the specific electrical resistance increased with addition of silicon, whilst in the specimens which was quenched from 500°C, the direction of curves, was changed at 0.79% silicon. This result is in conformity with the solubility of silicon to aluminium at 500°C.

(3) Cadmium, antimony, lead, bismuth and tin had no remarkable effect on these properties.

(4) Magnesium, copper, zinc, nickel and manganese increased the specific electrical resistance and simultaneously the tensile strength.

(5) The effects of magnesium on aluminium which contains 0.5% silicon were noticeable. The specific electrical resistance of the hard drawn and annealed specimens was not increased, until the addition of magnesium became equivalent to the silicon content. But, the specific electrical resistance was rapidly increased, when magnesium was added more than 1.0%.

(6) The effects of calcium on aluminium containing 0.45% silicon, have shown nearly the same effects as magnesium.

## I 緒 言

高品位 (99.998%) の Al 地金に少量の第 2, 第 3 の金屬元素を加調して物理的並びに化學的性質の變化を探究する豫備實驗として 99.8% 品位の Al 地金に 13 種の金

屬元素を加調して二三の性質に及ぼす影響を調べて見た。

## II 試料及び試料の調製

試料に使用した Al 地金は  $Si$  0.07%,  $Fe$  0.1%, 残り Al であった。加調金屬はメルク製のものを使用し、

\* 滿洲輕金屬製造株式會社