

滿鐵鐵道總局. 昭和 14 年 5 月.

2) Some Fatigue Problems of the Railroad Industry. Metals and Alloys, vol. 10, 1939 Oct. 1939.

3) Some "Tips" on the Latest use of Driver Burns, corrugations and Hardening of Open Hearth Frogs By C. A. Dallay, Railway maintenance, Jan. 1948.

高温工具鋼の研究 (I)

(昭和 23 年 10 月本會講演大會にて講演)

多賀谷正義* 足立彰* 伊東俊明*

ON THE INVESTIGATION OF THE HOT WORKING TOOL STEELS (1)

Masayohsi Tagaya, Akira Adachi & Toshiaki Ito:

Synopsis :

An important role is played by hot working tool steels such as die, Container and ram etc. employing for Extrusion and Crank Presses to manufacture ferrous and non-ferrous metal tubes and rods. These steels are suffering from intermitent heating at high temperature (400~650°C), wear and repeated sudden temperature changes by heating and cooling. We investigated the effects of some alloying elements and carbon content on the standard W-Cr-V-Steel and mechanical properties at room and high temperatures.

I. 緒 言

非鐵金屬及び合金類の押出機に使用せられるダイス、コンテナ、ラム、或は鋼管製作用クランクプレスのダイスとして用ひられてゐる耐熱耐壓の高温工具鋼は 400~650°C 程度の高温度に繰り返し加熱せられるものであつて斯る高温度に於て相當なる硬度と強靱性を必要とし摩擦に耐へ且つ繰返し加熱冷却に充分耐へるものでなければならぬ。此種工具鋼は獨乙等では相當研究せられ發達して來たが我國でも最近研究せられて來た、然し現在の所 [10%W, 2.5%Cr, 0.3%V, 0.3%C] なる組成の

ものがこの種の工具鋼としては標準として最も優秀なる性能を示してゐるので先づこの標準鋼の種々なる機械的性質並に物理的性質を調査し更に優良なる鋼の探究に資せんとした。

II. 化 學 成 分

從來我國で使用せられてゐた主要な材料の分析成分を示すと第1表に示すが如くで前記標準組成に近いものが多く更にこれに少量の Ni, Co, 時に Mo の添加せられたものが見受けられる。

以下項を追つて主要元素の主なる影響を述べる。

第1表 各種高温工具鋼の化學成分

	製 造 所	商 標	主 要 化 學 成 分								
			C	Si	Mn	Ni	Cr	W	Mo	V	Co
1	Böhler	W. K. Z	0.3	0.3	0.4	—	2.0/ 2.5	8.0/ 10.0	—	0.3/ 0.5	—
2	Dentsche Edel Stahl Werke	Spical W	0.17/ 0.30	0.20/ 0.30	0.25	—	2.5/ 3.0	9/10	—	0.2/ 0.3	—
3	"	D. M. S.	0.25	0.2	0.3	1.5/ 1.0	2.5/ 3.0	10	—	—	—

* 大阪大學工學部

4	Krupp	DF 10.9 CW	0.3	<0.3	<0.5	—	2.8/ 3.2	8.5/ 10.0	—	0.3	—
5	Schöler	GHV	0.2	—	—	—	2.5/ 3.0	8/10	—	0.25/ 0.5	—
6	"	G	0.24	0.27	0.27	—	2.0	2.4	—	—	—
7	Poldi	HPS	0.25	0.25	0.50	1.5	2.5	9	—	0.1	—
8	"	212	0.38	—	0.15	—	3.0	9	—	—	—
9	Röchling	CW2	0.24/ 0.30	0.25	0.2/ 0.3	—	2.2/ 2.8	9/10	0.3	—	—
10	Edgarallen	No. 5	0.3/ 0.4	0.2	0.25	—	3.5	9/10	—	0.15	—
11	Stria	E. W. P	0.3/ 0.35	0.2	0.2	—	3.0	9/10	—	0.2/ 0.3	—
12	"	1998	0.4/ 0.45	0.1/ 0.2	0.2	—	2/3	17/19	—	0.2/ 0.3	10/20
13	Columuta	Tungsten steel	0.35	0.25	0.4	—	3.0	0.9	—	0.25	—
14	Yasuki	D. C.	0.40/ 0.43	0.3/ 0.4	0.4/ 0.6	—	1.5/ 2.0	8/10	—	0.15/ 0.30	—
15	"	C. W. V	0.32	0.25/ 0.3	0.3	—	3.0/ 3.5	11/12	—	0.2	—
16	Nihontokushu	W. K. Z.	0.4	—	—	—	2.67	6.88	—	0.45	—
17	Kantotokushu	DA-6	0.2/ 0.35	0.25/ 0.30	0.3/ 0.5	—	2.0/ 2.5	8.0/ 10.0	—	0.3/ 0.5	—
18	"	DA-5	0.2/ 0.35	<0.5	<0.4	—	2.0/ 2.5	4/6	—	0.3/ 0.5	—
19	Deutsch	Cr-W-Ni- W. A. St.	0.27/ 0.32	0.2/ 0.3	0.3/ 0.4	1.8/ 2.2	2.1/ 2.6	9.0/ 9.80	—	0.10/ 0.20	—
20	"	Cr-W-Co W. A St-1	0.28/ 0.34	0.20/ 0.30	0.3/ 0.4	—	2.3/ 2.8	8.5/ 9.2	—	0.2/ 0.3	2.0/ 2.5
21	"	Cr-W-Co W. A. St-2	0.30/ 0.36	0.3/ 0.4	0.35/ 0.55	—	1.2/ 1.5	4.4/ 4.8	—	0.1/ 0.2	4.2/ 4.7

(1) 炭素の影響

最初此の種の工具鋼としては 0.60~0.65% C, 8.0~9.0% W, のものが用ひられた。切削用の高速度鋼と同様高炭素を含んでゐるが使用条件より見て甚しく靱性を缺く爲更に靱性を高められた [0.40~0.45% C, 0.45~0.75% Cr, 9.0~11.0% W] なる組成のものが用ひられ非常に好成績を示したが尙ほ一層靱性の高い低炭素のものが

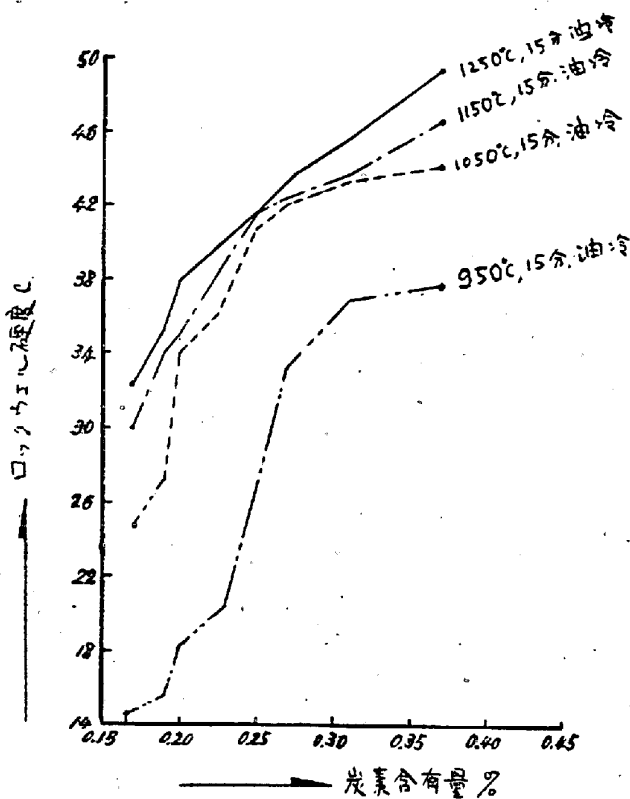
考へられる。炭素の影響に關しては 0.20~1.60% の廣範圍に亘り焼入硬度の影響に就いて出口喜勇爾氏¹⁾の研究があるが吾々は一般に使用せられてゐる製品より第 2 表に示す組成のものを選定して 950~1250°C より油中に焼入してロックウエル硬度を測定した結果は第 1 圖に示す。試料の寸法は 15mm³ にして最高加熱温度に於ける保持時間は 30 分間である。斯くの如く焼入硬度に及ぼ

第 2 表 炭素含有量の焼入硬度に及ぼす影響

番 號	分 析 成 分									油中焼入硬度ロックウエル C			
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	W	V	焼 入 温 度 . °C			
										950	1050	1150	1250
1	0.17	0.19	0.22	0.011	0.003	0.15	2.23	8.34	0.43	14.7	24.8	30.0	32.5
2	0.19	0.31	0.21	0.020	0.004	0.15	2.17	8.77	0.46	15.7	27.2	34.0	35.2
3	0.20	0.30	0.27	0.013	0.011	0.14	2.32	8.63	0.49	18.3	34.1	35.1	38.0
4	0.23	0.19	0.18	0.012	0.006	0.11	2.27	8.23	0.36	20.6	36.2	38.4	40.3
5	0.25	0.22	0.23	0.012	0.004	0.10	2.45	8.03	0.32	27.6	40.5	41.5	42.6
6	0.27	0.19	0.25	0.016	0.008	0.09	2.48	10.09	0.40	33.4	42.0	42.2	43.7
7	0.31	0.26	0.16	0.013	0.009	0.14	2.43	8.13	0.44	36.6	43.1	43.6	45.5
8	0.37	0.26	0.17	0.012	0.007	0.14	2.46	8.23	0.43	37.7	44.2	46.0	48.9

望まれた。0.3% C 附近となると充分強大な衝撃並に壓縮應力に耐へる。更に低炭素のもとすると硬度が低下し摩耗に弱く強度も落ち變形し易く不都合を生ずるものと

炭素含有量の影響は著しく大きく従つて他の機械的性質にも相當なる影響を與へる。焼入硬度は炭素以外の含有成分にも影響されるが第 2 表に示されてゐる範圍



第1圖 焼入硬度に及ぼす炭素含有量及び焼入温度の影響

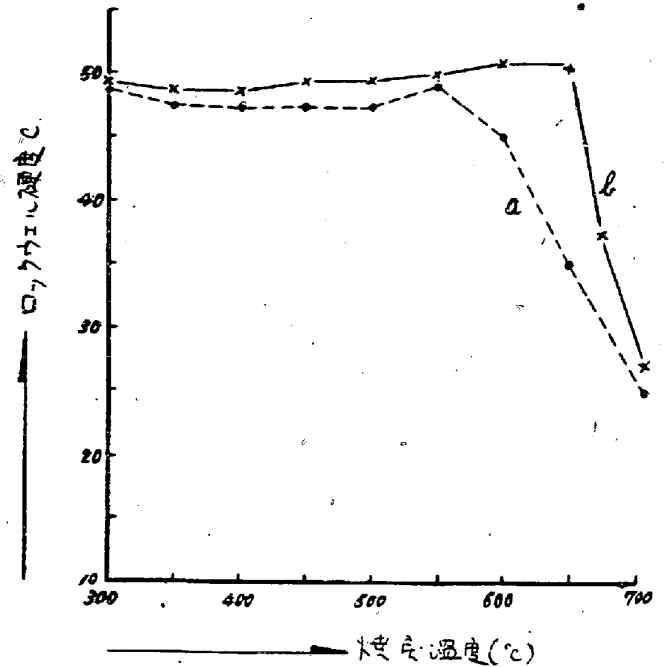
内では左程目立つた影響を示さず略々炭素含有量に比例して焼入硬度は高くなつてゐる。又最高加熱温度に比例して焼入硬度は高くなつてゐる。炭素含有量が増加すると常温に於ける機械的性質並に耐摩耗性は良くなるが高温度に於ける機械的性質は良ならず又抗張試験等には殆んど大した変化を示さぬ時も靱性特に衝撃値は低くなると云はれてゐる²⁾。従つて出来るだけ低炭素のものが望まれるが實際製鋼作業中フェロタングステン (W-鐵)、フェロクロム (Cr-鐵) 等の添加合金鐵中の含有量が加はり 0.25% C 以下のものは製造が困難であり又前述の如く耐摩耗性も劣つて來て不都合である。

(2) クロムの影響

以前は [0.45~0.75%Cr, 10%W] なる低 Cr のものが多く用ひられてゐたが低 Cr のものでは硬化し難く従つて種々の機械的性質が悪い。特に大型では kg/mm² 以上の強度は得難いので 2.20~2.80%Cr のものとなつた。斯くの如く Cr 量を高めると臨界冷却速度が減少するので良好な空冷硬化性を生じ大型製品の熱処理が容易となる。又焼入温度も低下出来る爲結晶粒の粗大化が防止され不都合な靱性低下を免れる。又耐摩耗性と耐熱性も増大する、又これ以上 Cr 量を高めると反つて靱性が減少すると云はれてゐる。²⁾

(3) ヴァナジウムの影響

少量即ち 0.5% 迄の V の添加は高速度鋼の場合と同様の効果がある。即ち結晶粒を微細化し強靱性を増し又耐熱性も増す。V を添加せるものと然らざるものとの機械的性質は第2圖にて明らかなる如く V を含むものは



第2圖 焼戻硬度に及ぼすVの影響 (1100°C 油中焼入)

鋼種	分析成分					
	C	Si	Mn	Cr	W	V
a W-Cr	0.30	0.21	0.23	2.23	8.23	—
b W-Cr-V	0.31	0.26	2.21	2.31	8.28	0.43

550~600°C にて硬度は上昇し硬化してゐる特に空冷せるものは炭化物の析出及び残留オーステナイトよりマルテンサイトへの變態が現はれてゐるが V の無いものは 550°C 附近より硬度は低下してゐる。

(4) ニッケルの影響

Ni を少量添加すると靱性を増すが耐熱性は良くなり又機械的な切削加工が困難となる。又熱傳導度も悪くなり従つて高温龜裂が発生し易くなると云はれてゐる。²⁾ これらは目下調査實驗中である。

(5) コバルトの影響

Co の添加せるものを實際に使用した結果は一般に良好である。然し Co は軟化焼鈍の際二次炭化物の凝集を困難ならしめ析出の進行を遅らせる。硬度の下り難い爲切削性を悪くする働きがあるが一方耐熱性及び高温度に於ける摩耗に對して良くなる。Co の添加により型の表面の疵や龜裂發生の傾向は緩和する。然し資源上經濟上含有量に制限がある。

(6) タングステンの影響

W の含有量の影響に関しては未だ充分系統的な研究は行はれてゐない。小柴定雄氏⁽³⁾の研究に依れば8%以上増大しても左程効果なき様に云はれてゐるが尙ほ研究に不十分な點がある。又 W を低減せる場合の影響に就いて出口喜勇爾氏⁽⁴⁾の調査に依れば標準鋼の 1/2 即ち W5% 程度迄は C 及び Mn を少しく高くすると一般の機械的性質は低下しないと報告されてゐるが著者等の研究に依れば後述の如く高温度特に 600°C 以上に於て性

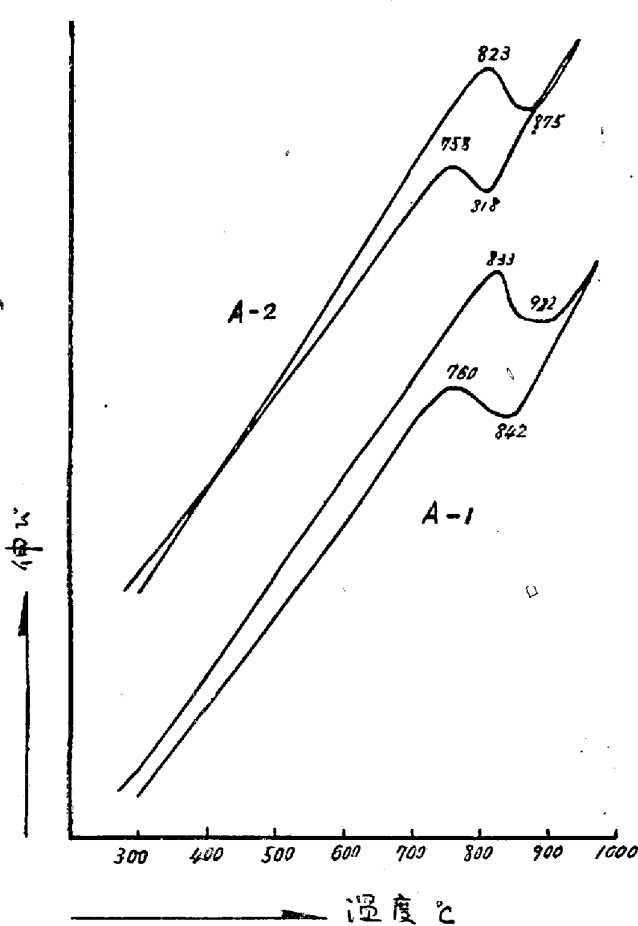
變態速度等の結果は續報に於て發表する。茲には簡單に熱膨脹試験のみを述べる。

熱膨脹試験

第4表に示す組成の試料を本多式熱膨脹計にて爐中及び空中冷却に依る變態の生起狀況を測定した。其の結果は第3圖に示すが如く高 W の標準鋼 A-1 の A_{C1} は 833°C に始まり 922°C に終了し低 W の代用鋼 A-2 の變態は 823°C に始まり 875°C にて終了してゐる。冷却時の變態點は冷却速度に著しく左右され第4圖に示さ

第 4 表

鋼 種	記 号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	W	V
標 準 鋼	A-1	0.30	0.26	0.27	0.015	0.009	0.11	2.12	8.96	0.40
代 用 鋼	A-2	0.33	0.29	0.31	0.024	0.014	0.18	2.29	4.29	0.38

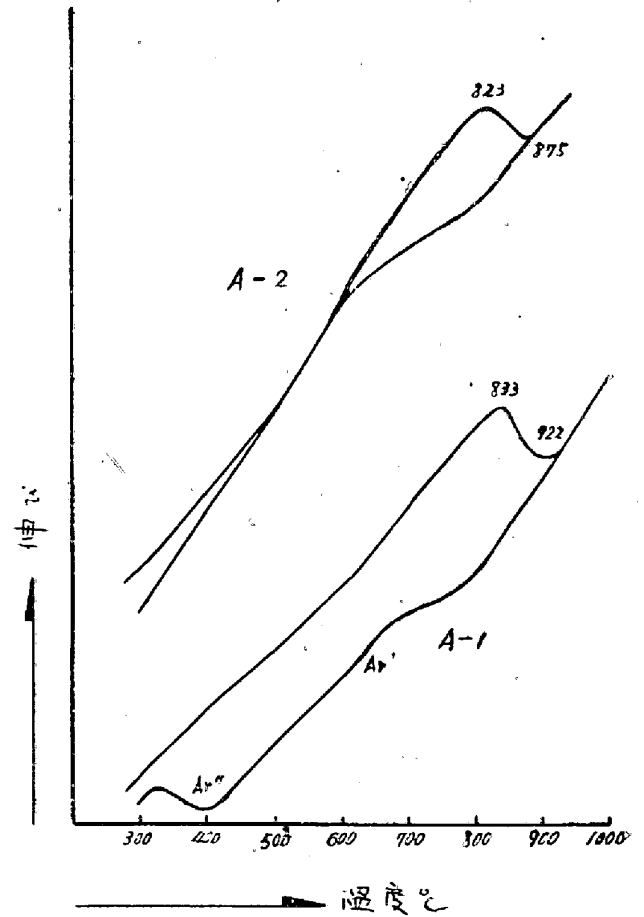


第3圖 徐冷曲線 加熱冷却速度 2°C/min

能に著しき差異を認めた。實際使用した場合の成績を見ても W の著しく低いもの即ち後述の代用鋼 A-2 の壽命は可なり劣つて居り耐熱性の劣る事は明瞭である。

III. 物理的性質

種々の物理的性質即ち、熱傳導度、電氣傳導度、恒溫



第4圖 空冷曲線

れるが如く著しい自硬性を示しオーステナイトの過冷し易い事を示してゐる。

IV. 常温に於ける機械的性質

(1) 熱處理に依る硬度變化

(i) 焼入温度の硬度に及ぼす影響。

前記炭素の影響の項にて説明せる第2表及び第1圖に示すが如く焼入温度の高くなるに従ひ焼入硬度は増大してゐる。然し1200°C以上では温度並に保持時間の増大と共に著しく結晶粒は粗大化し、次第に所謂焼けの現象

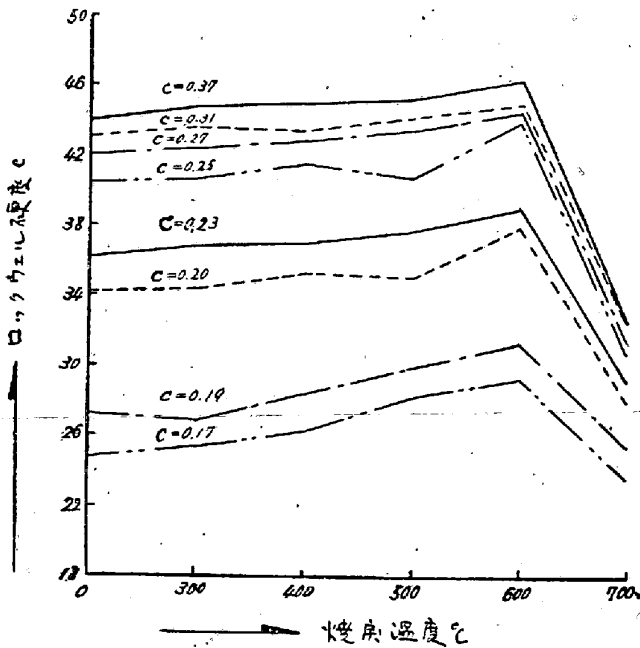
その程度が大きい。600~650°C 附近の山を越すと温度上昇と共に急速に硬度は低下する。本試験に於て試料の寸法は15mm³にして焼入温度に於ける保持時間は30分間、焼戻温度に於ける保持時間は60分間である。

第3表 炭素含有量及び熱処理温度の硬度に及ぼす影響

		C%							
熱処理温度 °C		0.17	0.19	0.20	0.23	0.25	0.27	0.31	0.37
1250°C	油冷	32.5	35.2	38.0	40.3	42.6	43.7	45.5	48.9
300°C	戻	32.8	35.6	38.4	40.2	43.7	43.2	45.2	48.4
400°C	〃	32.6	35.7	37.8	41.3	43.9	43.6	45.1	48.8
500°C	〃	33.5	36.1	38.8	41.5	45.0	45.4	45.4	48.3
600°C	〃	33.5	37.8	40.1	44.8	46.3	48.1	49.4	48.8
700°C	〃	27.9	30.9	30.5	31.6	31.5	32.2	38.4	33.2
1150°C	油冷	30.0	34.0	35.1	38.4	41.5	42.2	43.6	46.5
300°C	戻	32.3	34.4	35.9	39.4	40.7	41.3	43.8	46.5
400°C	〃	34.4	35.1	36.2	40.0	40.7	41.7	43.7	46.7
500°C	〃	34.7	35.3	37.1	41.1	41.7	42.2	44.0	46.6
600°C	〃	35.1	38.0	39.0	41.5	43.1	45.0	45.0	47.7
700°C	〃	25.2	27.9	29.2	30.9	35.4	35.5	35.5	36.1
1050°C	油冷	24.8	27.2	34.1	36.2	40.5	42.0	43.1	44.2
300°C	戻	25.3	26.7	34.4	36.9	40.7	42.4	43.6	44.8
400°C	〃	26.2	28.4	35.3	37.1	41.7	42.9	43.5	45.0
500°C	〃	28.3	30.0	35.1	37.7	40.7	43.4	44.3	45.3
600°C	〃	29.4	31.4	38.0	39.0	43.1	44.6	45.1	46.5
700°C	〃	23.5	25.5	27.9	29.2	30.3	31.5	32.7	32.6
950°C	油冷	14.7	15.7	18.3	20.6	27.6	33.4	36.9	37.7

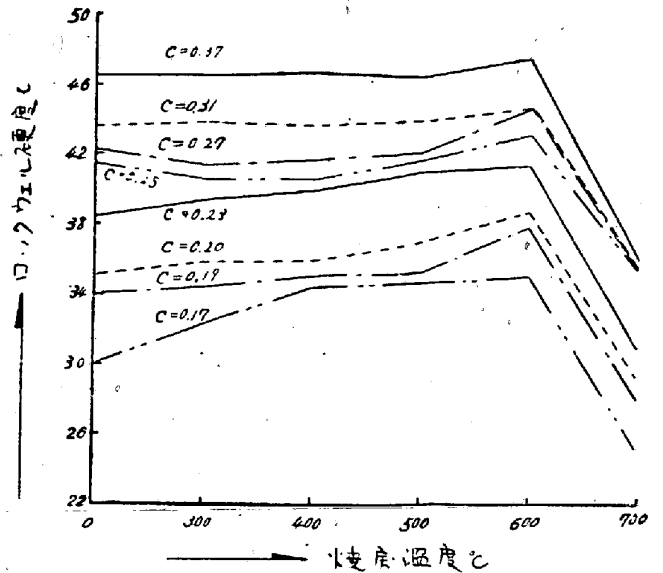
を生じ、粒界が熔融した状態を呈して靱性を失ふので一般に1100~1150°Cを最適の焼入温度とする。

(ii) 焼戻の温度の硬度に及ぼす影響。



第5圖 焼戻硬度曲線 (1050°C 油焼入)

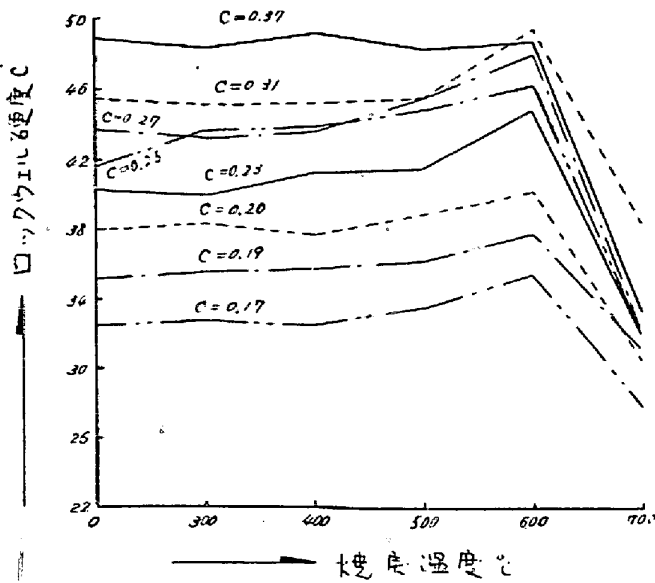
第3表及び第5圖乃至第7圖に示すが如く1050, 1150, 1250°Cの各焼入温度では何れも600°C附近迄は焼戻温度の高くなる程硬度は上昇してゐる。低炭素のもの程



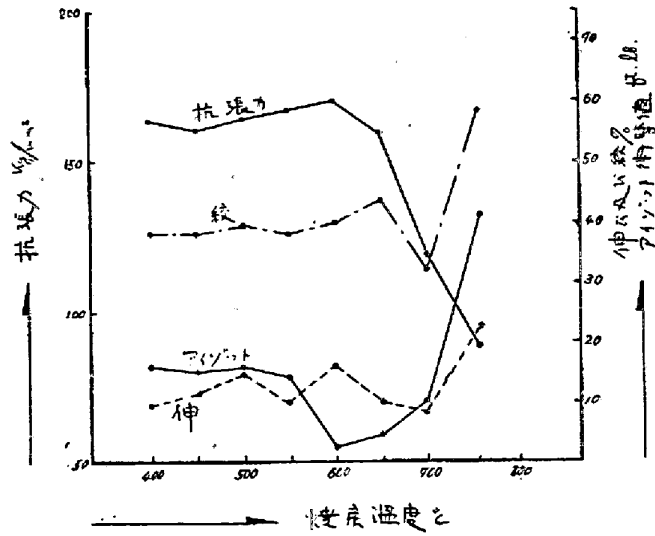
第6圖 焼戻硬度曲線 (1150°C 油焼入)

(2) 抗張試験

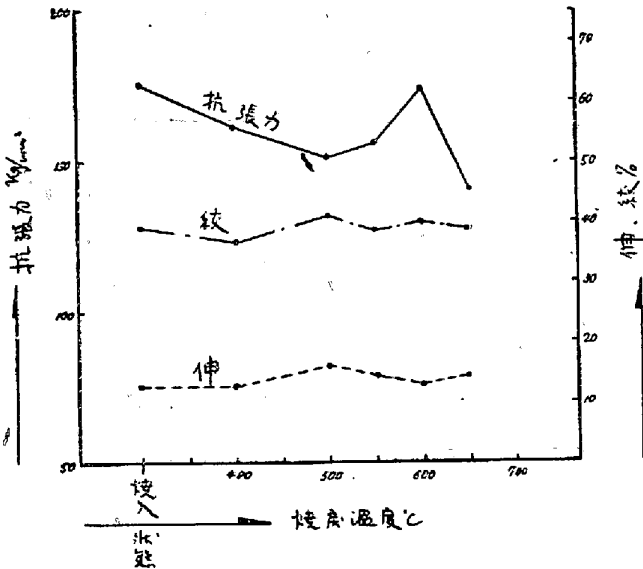
第4表に示す組成の二種の試験材即ち通常の標準鋼A-1と低W代用鋼A-2とを夫々1150°Cより油中に焼入れ次に650°C迄50°C毎に温度を上げ焼戻を行つたものを50tアムスラー式試験機にて抗張力、伸、絞を測定した。その結果は第8圖及び第9圖に示すが如く高WのA-1鋼では抗張力は焼入の儘のものより焼戻温



第7圖 焼戻硬度曲線 (1250°C 油焼入)



第9圖 代用鋼 A-2 の熱処理温度と機械的性質との関係 (1150°C 油中焼入)



第8圖 標準鋼 A-1 の熱処理温度と機械的性質との関係

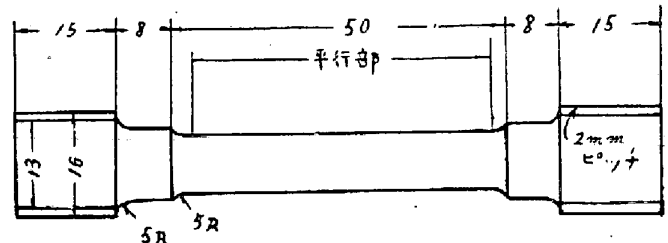
度の上昇と共に 500°C 迄は低下し更に温度上昇と共に 600°C 附近迄は上昇し 650°C を越へると急に低下する。伸、絞は共に大した変化がない。低 W 鋼 A-2 の抗張力は 600°C 迄焼戻温度の上昇と共に増大し此の温度を越へると急速に減少してゐる。伸、絞は大した変化はないが 600°C 附近の山と 700°C 附近の谷があり更に温度上昇と共に抗張力と逆比例して上昇してゐる。

V. 高温度に於ける機械的性質

(1) 高温抗張試験:

(i) 試験片

常温試験に用ひた第4表に示す二種の試験材を 30mm 角長さ 200mm なる焼鈍軟化材より径 8mm の抗張試



第10圖 高温抗張力試験用試験片

験片に切り出し高温試験に取り付け得る様第10圖に示すが如き形状、寸法に仕上げこれを真空中にて 1100°C に 20 分間保持後油中に焼入れ 600°C にて 1 時間 30 分焼戻後油冷して調質した。

(ii) 試験結果

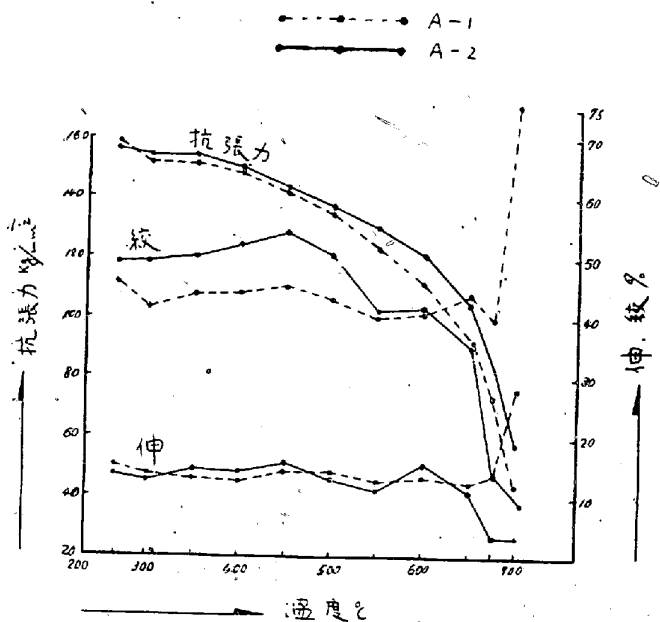
調質せる試験片を試験装置に取り付け、250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 670, 700°C の各温度に夫々 1 時間保持せる後試験した。第5表に A-1 鋼、第6表に A-2 鋼の試験成績を示す。各試験値は夫々の温度に於て二本宛行ひその平均値を示した。第11圖に A-1 鋼、A-2 鋼の各温度に於ける比較曲線を示す。抗張力は何れも温度の上昇に伴ひ漸次低下し 650~700°C に至りて急速に低下して居る。伸は兩者共 650°C 迄は殆んど同様の値を示し殆んど変化しないが 650°C 以上に於て A-1 鋼は温度上昇と共に急に増大せるも A-2 鋼は逆に急に減少してゐる。絞は A-1 鋼は 250~300°C に於て僅かに下り再び温度上昇と共に増大し 450°C の山を越へると再び僅かづゝ減少し 600°C 附近より温度上昇と共に急激に増大する。A-2 鋼は温度上昇と共に 450°C 迄可なり増大し、更に温度上昇と共に 600°C 附近迄漸次減少し此の温度附近以上では急激に減少し著しく脆弱なる

第5表 標準鋼 A-1 の高温抗張力試験値

試験温度°C	抗張力kg/mm ²	伸 %	絞 %	試験温度°C	抗張力kg/mm ²	伸 %	絞 %
250	156.45	15.18	45.64	550	123.85	12.5	40.31
300	154.53	13.38	41.76	600	112.00	13.16	40.87
350	151.67	13.00	43.77	650	92.23	12.28	43.58
400	149.86	12.28	44.72	670	77.17	13.93	40.00
450	142.31	14.04	45.38	700	44.76	28.07	75.13
500	135.31	14.04	43.11				

第6表 低 W 代用鋼 A-2 高温抗張力試験値

試験温度°C	抗張力kg/mm ²	伸 %	絞 %	試験温度°C	抗張力kg/mm ²	伸 %	絞 %
250	156.18	13.34	47.82	550	130.00	11.51	40.16
300	155.02	12.50	48.90	600	121.42	15.50	41.59
350	155.00	14.28	50.32	650	104.95	11.58	35.51
400	150.21	14.00	52.34	670	83.35	3.51	13.82
450	143.74	15.71	54.05	700	58.84	3.45	9.51
500	137.52	13.68	50.29				



第 11 圖 標準鋼 A-1 と代用鋼 A-2 との高温度に於ける機械的性質の比較

A-1 は著しく増大して靱性を示すが低 W 鋼 A-2 は逆に著しく減少して脆性を示してゐる。

(2) 高温衝撃試験

高温抗張試験に使用したる試験材より製作せる試験片を同様に熱処理して調質せる状態にて佐々川式高温衝撃試験装置を用ひて常温より 650°C 迄の各温度に於てアイゾット式衝撃試験を行つた。其の結果は第 7 表及び第 12 圖に示す。此の結果を見るに高 W 標準鋼 A-1 も低 W 代用鋼 A-2 も共に常温より温度上昇と共に衝撃値は上昇し、400°C 附近で最高値を示し次いで 500~550°C 附近迄は漸次降下し、此の最低値を越へると再び温度上昇と共に急速に上昇してゐる。此の 500~550°C 附近の脆弱點は一般フェライト系鋼材に共通に見られるもので青熱脆性が試験速度の影響を受けて高温側に移行した結果現はれたものと考へられてゐる。

(3) 高温衝撃硬度試験

(1) 試験方法

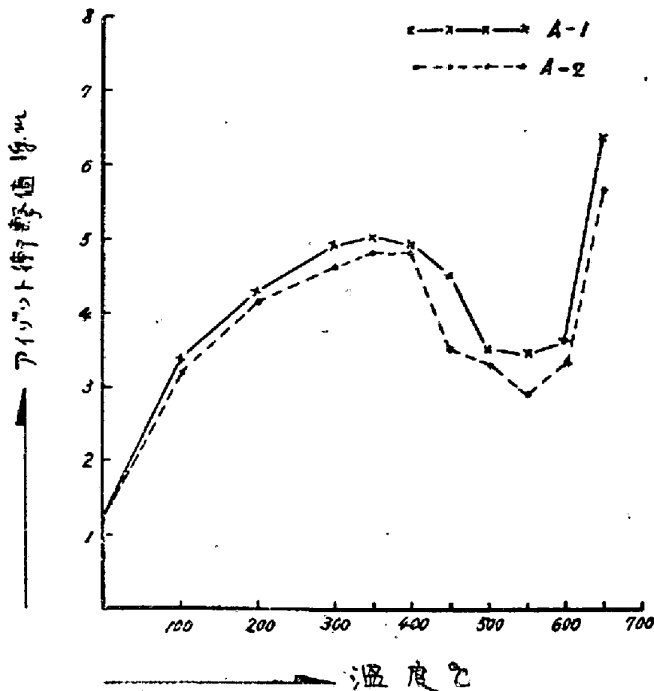
第 7 表

試験温度°C		10	100	200	300	350	400	450	500	550	600	650
アイゾット衝撃値 kgm	A-1	1.22	3.45	4.27	4.93	5.00	4.90	4.50	3.51	3.46	4.55	5.30
	A-2	1.22	3.15	4.18	4.61	4.81	4.77	3.47	3.82	2.96	3.28	5.60

傾向を示した。試験後切断面の破面も極めて粗大な結晶。粒度を示してゐる。

以上の試験結果より A-1 鋼; A-2 鋼共に高温度に於ける抗張力の變化には殆んど差異はなく同様の値を示してゐる又伸及び絞は 600°C 附近迄は大差なく同様の値を示すが 650°C 以上では著しく差異を生じ高 W 鋼

高温度に於ける工具の「ヘタリ」の様を觀察調査する爲谷口上用式高温衝撃硬度試験機を用ひて高温度に於ける衝撃硬度を測定した。試験温度は常温より 800°C に至る迄の範囲である。本試験に於て落槌重量は 4kg、落高は 300mm、鋼球の直径は 10mm と一定した。又試験温度保持時間は 20 分間とした。



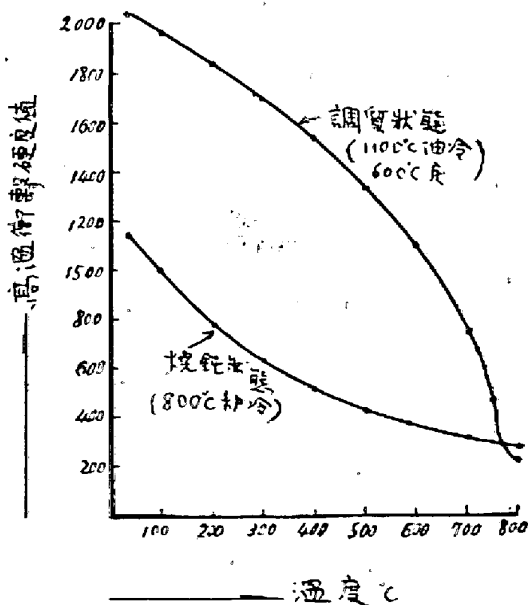
第12圖 高温衝撃値

(2) 試験片

試験片は標準鋼 A-1 の 50mm 角に鍛伸せる材料を焼鈍し直径 35mm の寸法に仕上げ上下両面を研磨仕上げせるものである。これを 1100°C の真空中で 30 分間保持後油中に焼入れ後 600°C で 1 時間保持油冷して調質せるものと焼鈍状態の儘のものとの比較調査した。試験片の分析成分は第 9 表の下に示す。

(3) 試験結果

第 8 表及び第 9 表に A-1 鋼の焼鈍状態及び調質状態に於ける室温より 800°C に至る各温度に於ける試験



第13圖 高温衝撃硬度試験標準鋼 A-1

成績を示す。第 13 図及び第 14 図は試験温度と試験後試験片上の球痕の径との関係及び高温衝撃硬度値との関係を図示す。第 13 図に於て球痕の径は調質状態のものは 500°C 迄は徐々に変化し更に 700°C 迄は稍々急に更に 800°C 迄は急速に変化し著しく軟化せる傾向を示してゐる。軟化状態のものは 700°C までは徐々に軟化し、700°C 以上 800°C 迄は急速に軟化せることを示してゐる。第 14 図の高温衝撃硬度値は調質状態のものでは全般に 800°C 迄相當急速に軟化の傾向を示してゐるが、常温より 500°C 迄と 500°C より 700°C 迄と 700°C より 800°C までとで曲線の傾斜度が変化し次第に軟化度を増大してゐる。焼鈍状態のものでは 200~250°C 附近迄は急速に軟化し更にそれ以上では徐々に軟化の傾向を示してゐる。斯くの如く球痕の径の変化と高温衝撃硬度値とでは稍々軟化の傾向の表現が異つてゐる。

VI. 結 論

以上の結果を總括して次の様に結論することが出来る。

- (1) 一般に廣く用ひられてゐる高温工具鋼を調査し標準組成を有する鋼に對する主要元素の影響を示した。
- (2) 一般に用ひられてゐる標準組成を有する鋼に於ける炭素含有量の熱處理硬度に及ぼす影響を明かとした。
- (3) 常温より一般使用温度に至る高温まででの抗張力、絞、伸、衝撃値、衝撃硬度等の機械的性質を明かとした。
- (5) 高温工具鋼として使用せられる標準組成の A-I 鋼は上述の研究に依り耐熱性特に高温に於ける機械的性質の低下に對する抵抗が甚しく大きく 600°C 乃至 650°C 迄の焼戻温度では機械的性質は殆んど低下せず反つて析出硬化に依りて大となる。又高温に於ける抗張力、衝撃硬度等も大きく且つ韌性の温度に於ける變化も少ない。
- (6) 焼入及び焼戻硬度は炭素の影響が著しく大で一般に含有せられる程度の他の諸元素の影響は殆ど無視される程度である。(昭 24 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) 出口喜勇爾 昭和 22 年 4 月 日本鐵鋼協會春季講演大會發表。
- 2) H. Alzmann Metallwirtschaft, 20-4 (1941), 82.
- 3) 小柴定雄 昭和 22 年 4 月及び 23 年 10 月 日本鐵鋼協會講演大會發表。