

へられる。しかし今回管材表面に  $2 \times 2\text{mm}$  の人工條疵をあけてをいて比較した結果ではあまり明瞭な結論は得られなかつたので斷定を差し控へる。

## IX. 總括

スチーフエル・マンネスマン式穿孔機に於て、ロール間隔及び芯金直径を實用上可能な範囲内で變化させ、穿孔狀況の差を調べた所、主な事項として次の様な事がわかつた。

ロール間隔を狭くし、芯金直径を大きくする、即ち加工度を大きくすると共に、次の變化がおこる。

(1) 出来るパイプの寸法は、外徑は殆んど變化がなく、肉厚は直線的に減少し、内徑は直線的に増加し、伸び率は直線的に増加する。

(2) 表面の振れは大きくなる。

(3) 主變形の狀況は、切線方向は差がないが、伸び方向と肉厚方向は差がある。

(4) 所要動力は勿論上昇する。加工度が比較的低い間は理論通り加工度に比例するが、加工度が高くなると附加的變形を伴う爲に動力の上昇が著しくなる。動力のピークも加工度と共に上昇するが、せまい變化範囲では明瞭ではない。

(5) 穿孔中の前進速度及び回轉速度は共に低下する。しかし穿孔後半では伸びの爲に前進速度は上昇し、穿孔出口では逆に前進速度は加工度が大きい程高い。

(6) 穿孔中の各位置に於ける歪率及び歪速度は上昇する。特に穿孔後半部では無理な變形の爲に異常な上昇がある。

(7) パイプの内面割れ疵は發生し易くなる。管材が良質ならば實用範囲内では割れない事もあるが、不良だと敏感に増加する。外面割れ疵も同様の傾向と思われるが尙不明である。

以上を總括して、良質管材ならばロール間隔を狭くし芯金直径を大きくして穿孔する事により一舉に薄肉のパイプを作り得る點で有利であるが、その爲には管材が良質でなければならぬ。一般には管材材質の良否とバランスをとりつつ加工度を撰ばねばならない。

本實驗はすべて日本特殊鋼管本社工場に於て行つたものであつて、須永社長はじめ關係各位の御指導と御援助に厚く感謝の意を表する。(昭和 27 年 8 月寄稿)

## 文 献

- 1) 井上, 加藤: スチーフエル・マンネスマン式穿孔機による製管法の研究 (I), 鐵と鋼, 昭和 27 年 6 月
- 2) E. Siebel: Die Formgebung in bildsamen Zustände, 1932.
- 3) E. Siebel: Grundsätzliche Betrachtungen zum Schrägwalz-Verfahren, Stahl u. Eisen, 1927

## 二、三の含 Ti 高温用鋼の諸性質について (II)

(昭和 27 年 9 月本會講演大會にて講演)

齊藤利生\*

## ON VARIOUS PROPERTIES OF SOME TITANIUM BEARING STEELS USED FOR HIGH TEMPERATURE. (II)

Toshio Saito

Synopsis:

Refer to the Report (I) (Nov. 1952 issue of Tetsu-to-Hagané)

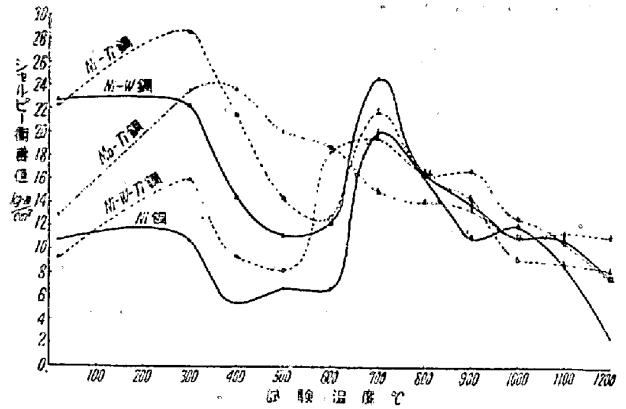
## VI. 高温材力の測定

各鋼種の高温特性を確める爲、茲では高温材力の測定を行つた。試験片の處理は何れも  $900^\circ\text{C}$  空冷状態である。

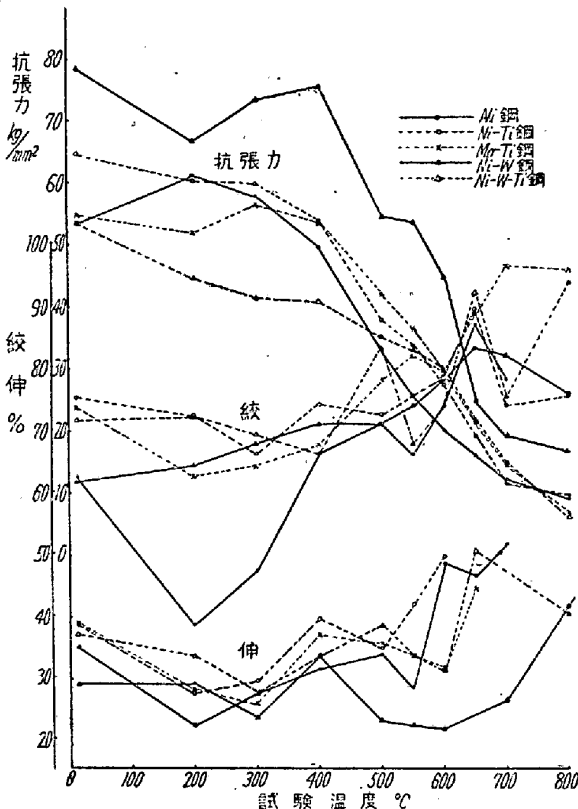
(1) 高温抗張試験: 常温 $\sim 800^\circ\text{C}$ の各温度で抗張試験を行つた結果は第 7 圖に示した。測定結果によれば、Ni 鋼は  $400^\circ\text{C}$  以上に於ける強度の低下が最も速やかで

\* 株式會社日本製鋼所 室蘭製作所研究部

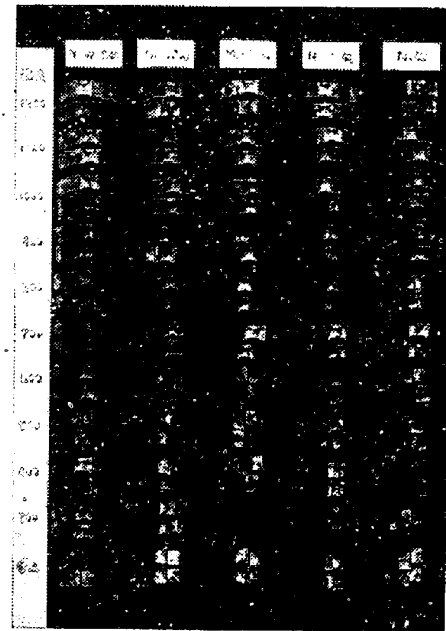
且つ 200°C に青熱脆性, 550°C に第2次脆性が著しく現れている. Ni-Ti 鋼では高温強度は増加し更に青熱脆性及び第2次脆性を著しく軽減している. 又 Mo-Ti 鋼は Mo 及び Ti の含有量の少いにも拘らず, 400°C 以上でよく強度を保持しているが, 600°C に炭化物脆性が明瞭である. Ni-W 鋼は高温強度著しく大で温度上昇に伴う強度の低下も少いが, 500~600°C に炭化物脆性がある. Ni-W-Ti 鋼は高温強度低く且 550°C に脆性が深く現われているが, 600°C 以上の高温になると強度低下は少なくなる.



第 8 圖 高温衝撃試験



第 7 圖 高温抗張試験



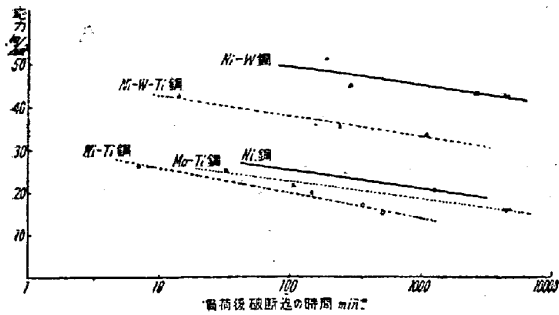
写真第 4 高温衝撃試験片破断後の外観

(2) 高温衝撃試験: 常温~1200°C の各温度で衝撃試験を行った結果は第 8 圖に示した. 700°C 以上の高温衝撃試験では試験片が粘性変形する為本来の衝撃値とは異つた性質の値を示しているのであるが, 之は各試料の熱間鍛造性を簡単に調べる目的で行つたもので試験後の試料の外観を写真第 4 に示した.

先づ Ni 鋼では 400~600°C に衝撃値の谷が大きく現れて居り, 且つ高温の 1200°C では結晶粒が粗大化して著しく脆化し, 写真第 4 に見られる如く分離破壊をしている. Ti の添加は低温域の衝撃値を増加する効果が大きく, 且つ 500°C 附近の谷も軽減される. 更に高温域に於ける脆化を防ぐ効果もあることは Ti の結晶粒粗大化阻止作用から首肯される. Ni-W-Ti 鋼は特異の様相

を示し, 300~400°C の低温域で衝撃値最も高く, 500°C 附近の谷も 700°C 附近の増加もなく, 温度の増加に従つて次第に衝撃値も低下するが 1100°C 以上の高温域に於ては他鋼種より高い値を示している. この模様は写真第 4 の Ni-W-Ti 鋼の試片が常温以外は全部分離破壊していないことから示される. Ni-W-Ti 鋼がかかる特異な様相を示す理由については, W と Ti との共存による特異現象と考える以外には今の處明らかにされていない.

(3) 高温 Rupture 試験: Rupture Test は當所の 2000kg single Lever 型 Creep 試験機を利用して行つた. 試験温度は 550°C で, 自動温度調節器により ±0.5°C の範囲に保持出来た. 試験片を装着してから約 1.5 kg/mm<sup>2</sup> の豫備荷重の下で試験温度に 5hr 豫熱の後各種荷重を负荷し, 試験片が破断する迄の時間を自動記録計により測定した. 試験結果は第 9 圖の如くである.



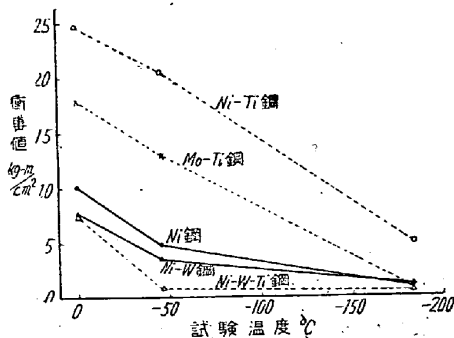
第9圖 高温 Rupture 試験

測定結果によると短時間高温抗張試験に於ても最もよい成績を示した Ni-W 鋼が長時間試験に於ても最も強度大であることが判つた。茲では Ti の添加による高温 Rupture strength の増加を豫想したのであるが、豫期に反し Ti の添加は各鋼種共 Rupture strength を低下せしめる結果を得た。

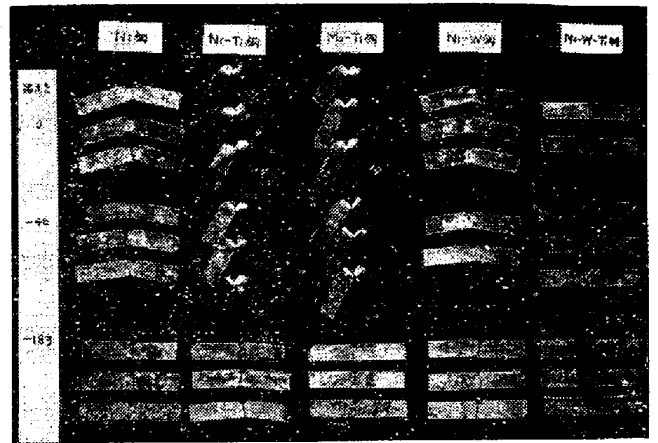
長時間の高温材力に及ぼす Ti の影響としては Creep 試験の結果があり、小島氏は Cr-Mo 鋼に対する Ti の添加は Creep 強度を増加するが添加量が多くなると却つて減少するとし<sup>4)</sup>、又 Bardenheuer 及 Fischer は Ti を溶解する高温から焼入れた場合に Ti 鋼は高い Creep 抵抗性を示すとしている<sup>5)</sup>。Rupture strength と Creep strength とは短時間試験に於ける抗張力と降伏点の如き性格の関係にあると考えてよいであろうから、本実験の結果を類推すると長時間の高温材力に及ぼす Ti の影響は小島氏の結果とは相反する。或は Bardenheuer 及 Fischer 等の如く TiC の析出を利用すれば高い強度が得られるかも知れないが此の點は將來確めて見度い。

VII. 低温衝撃試験

低炭素 3% Ni 鋼に少量の Ti を添加して低温用構造用鋼として使用し得ると云う報告も見られ<sup>6)</sup>、且つ實用化の爲には熔接時の切欠脆性等の問題もあるので、参考として簡単な低温衝撃試験を行つてみた。



第10圖 低温衝撃試験



寫真第5 低温破断後の試験片外觀

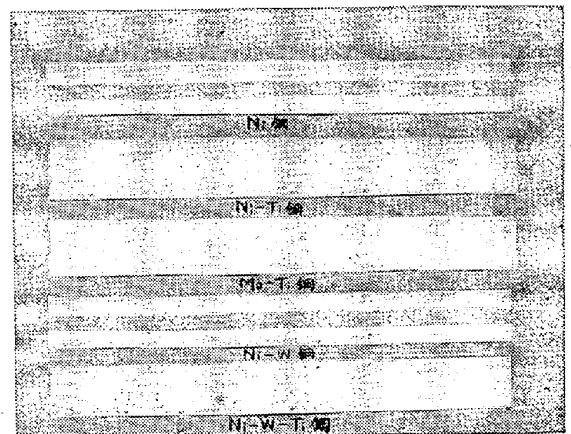
試料は普通のシャルピー試験片で 900°C 空冷状態で行つた。試験結果は第 10 圖及寫真第 5 に示した。

試験結果によると Ni-Ti 鋼及び Mo-Ti 鋼は高い衝撃値を示しているが、Ni-W-Ti 鋼は著しく低い。即ち Ni 鋼に対する Ti の添加は低温の靱性を著しく増大するが、Ni-W 鋼に対する Ti 添加は却つて低下せしめることが判つた。池島氏は合金鋼の低温脆性についての實驗中で Ni 鋼に対する Ti の影響を調べて居られるが<sup>7)</sup>、本實驗の結果とは全く逆で Ti の添加は低温脆性を増すとされている。此の相異は池島氏の試料は Ti 量が稍々多く、Ti/C 比が大きい事に基くものではないかと考える。

VIII. 壓延鋼板についての諸試験

鋼塊の B 端を荒地鍛造の後熱間壓延して、9mm 厚の鋼板として各種の試験を行つた。壓延作業には何等困難はなく却つて Ti の添加は高温加工の際の疵を減少せしめる効果が認められた。

鋼板切断面のサルファ・プリントを寫真第 6 に示した。含 Ti 鋼は何れもサルファ・プリントに感じないことは寫真第 1 と同様である。



寫真第6 鋼板断面の Sulphur Print

第 2 表 9mm 鋼板抗張試験成績

		熱間 歴延 儘			900°C×1/2hr 焼準			900°C×1/2hr 焼鈍			900°C×1/2hr 油冷 後 600°C×4hr 焼戻		
		降伏點	抗張力	伸	降伏點	抗張力	伸	降伏點	抗張力	伸	降伏點	抗張力	伸
Ni 鋼	縦	47.26	52.17 50.71	25.2 30.9	38.89 36.09	51.08 50.44	33.6 29.8	32.6	44.6 45.5	35.2 32.0	58.6 60.7	27.3 27.1	
	横	40.82	50.77 52.11	29.6 27.9									
Ni—Ti 鋼	縦		96.61 96.56	21.0 20.4	51.00 51.30	60.23 59.78	30.9 33.0		58.9 58.8	35.0 31.6	65.7 65.5	30.3 28.3	
	横		101.55 97.99	20.8 20.0									
Mo—Ti 鋼	縦		69.88 68.94	24.7 27.6	37.42 37.29	53.86 54.65	36.8 35.3		48.6 50.4	35.2 34.8	36.9 38.4	53.3 53.3	35.6 32.6
	横		67.85 69.55	27.1 26.8									
Ni—W 鋼	縦		78.00 77.70	23.9 20.0	77.33 77.83	27.6 27.3			65.7 65.8	28.5 27.3	93.9 94.7	18.6 18.6	
	横		78.75 78.86	22.3 22.8									
Ni-W-Ti 鋼	縦		83.54	15.2	54.77	35.3			56.5 55.5	33.0 30.7	39.7	55.5 58.6	31.5 36.2
	横		83.99 87.93	21.7 15.8									

(1)材力試験: 鋼板の縦方向及横方向から試験片を採取して、各種の熱処理を施した抗張試験を行った結果は第2表の如くである。

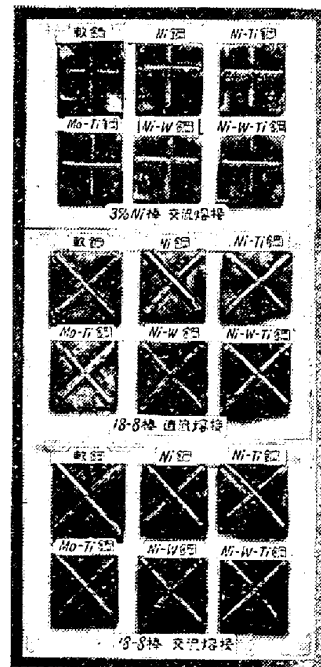
各鋼種共縦横の材力は殆んど同じで方向性は認められない。含 Ti 鋼は熱間歴延状態では抗張力著しく高く伸は低いが、900°Cの焼準又は焼鈍により抗張力は低下し伸は増加する。Ni 鋼, Ni-W 鋼は 900°Cの焼準によつては材力は殆んど變らず、焼鈍によつて抗張力は低くなるが伸はその割には増加しない。

(2) 熔接試験: 各鋼板の熔接性を確める爲に次の如き試験を行った。

先づ同一板厚の軟鋼板を交えて6種の板に、各 4mm の 3% Ni 鋼電極棒交流熔接、18-8 鋼電極棒交流及び直流熔接を行い表面状況を調べてみた。熔接表面は写真第7に示した。

各熔接棒共熔込み良好で熔接容易であるが、含 Ti 鋼は何れもビードの湯流れがよく且つ表面が他に比べて美麗な面が得られた。特に 3% Ni 棒で熔接した含 Ti 鋼のビード面は他に比して格別美麗なことが写真でもうかゞえる。

次に各鋼板を 18-8 電氣熔接棒により交流で銜合熔接した後、各種の試験片を採取して熔接部の材力を測定し



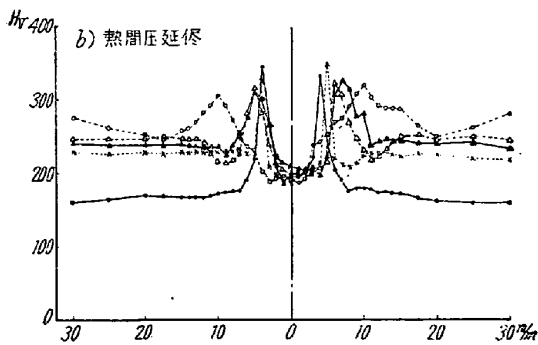
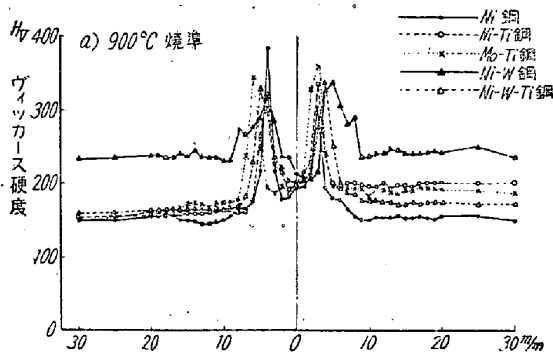
写真第 7 熔接ビードの外観

た結果は第3表の如くである。含 Ti 鋼は何れも熱間歴延の儘で熔接したものは強度はあるが曲げ成績が不良で、900°C 焼準後熔接したものは曲げ成績は向上するが抗張力が低くなる。Ni-W 鋼では兩者共曲げ成績が不良である。

第 3 表 鋼板 熔接 材力

	熱間 壓延 儘 熔接					900°C×1/2hr 焼準後熔接					熔接後 900°C×1/2hr 焼準				
	降伏点	抗張力	伸	破断位置	曲角度	降伏点	抗張力	伸	破断位置	曲角度	降伏点	抗張力	伸	破断位置	
Ni 鋼	39.4	51.3	23.9	d	180°曲	37.8	42.7	5.1	a	104°折	36.8	49.2	25.7	d	
		49.3	23.5	d	58°折		180°曲	34.2	50.7	24.7		d			
Ni-Ti 鋼		65.3	6.0	a	75°折		30.8	2.8	a	180°曲		49.7	58.8	10.4	a
		68.5	3.5	a	42°折		180°曲	49.1	60.3	25.1		d			
Mo-Ti 鋼	53.7	63.9	8.4	b	86°折		47.3	5.4	d	137°折		35.2	51.0	13.0	a
		67.1	7.7	a	180°曲		180°曲	34.6	52.2	28.3		d			
Ni-W 鋼		62.6	4.4	a	78°折		59.7	2.5	a	67°折		64.2	4.9	a	
		65.8	4.5	a	52°折		55°折	70.9	4.9	a					
Ni-W-Ti 鋼		68.7	4.0	b	60°折						42.6	56.1	25.1	d	
		73.8	7.3	a	60°折							57.4	26.7	d	

熔接部の硬度分布をピッカース硬度計によつて測定した結果は第 11 圖に示した。Ti を含有しない Ni 鋼, Ni-W 鋼では熱間壓延の儘と 900°C 焼準とで硬度分布曲線の形態は異ならず最高硬度も略々同じであるが, Ni-W 鋼では特に硬化層の幅が広く且つ炭化物析出温度に相當する部分に二次硬化が兩者共現れている。含 Ti 鋼の中, Mo-Ti 鋼, Ni-W-Ti 鋼は 900°C 焼準と熱間壓延の儘とで大差なく, 僅かに熱間壓延の儘の試料に析出硬化傾向が現れているに過ぎないが, Ni-Ti 鋼では相當變化があり, 熱間壓延試料では所謂熔接 2 番に析出硬化が広く且つ明瞭に現われ, 普通の試料に見られる熔着鉄接際部に於ける硬化は現われていない。



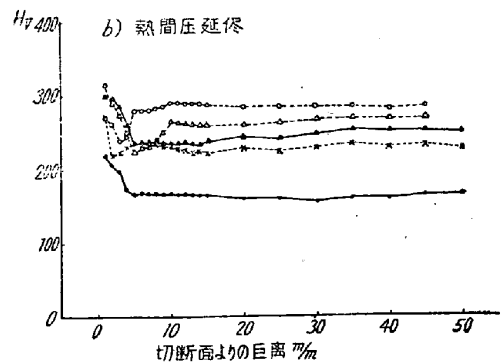
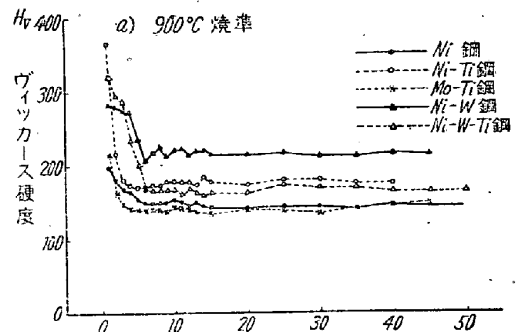
第 11 圖 熔接硬度分布

熔接部の検鏡結果は, 母材に對するビードの熔込みは

各種共十分にあり, 顯微鏡的な缺陷は認められなかつた。

以上の熔接試験の結果は各鋼板共, 特に熔接性の悪い鋼種はないが, 含 Ti 鋼及び Ni-W 鋼は熔着部の脆化を避ける爲に豫熱等の手段を採つた方がよいと考える。

(3) ガス切斷試験: 各鋼板を酸素-アセチレンガスにて切斷試験を行つた。Ni 鋼~Ni-W 鋼の 4 鋼種共切斷容易で何れも美麗な切斷面が得られたが, Ni-W-Ti 鋼板のみは切斷稍々困難で汚い切斷面しか得られなかつた。鋼板に各種の熱處理を施して切斷してみたが切斷性を改善することは出来なかつた。これは前述した如く W と Ti との特殊の複炭化物の性質によるものであろう。



第 12 圖 瓦斯切斷硬度分布