

酸洗ひが鋼の機械的性質に及ぼす影響

(第3回工學大會)

菊池浩介*

EFFECT OF PICKLING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL.

Kosuke Kikuchi.

SYNOPSIS:—In the case, when steel is pickled in the solution of hydrochloric or sulphuric acid to remove the scale, the mechanical properties of steel are changed at the same time. This fact is known as "Acid Brittleness", and is recognized to be caused by the diffusion of nascent hydrogen, which is generated during the pickling, into the interior of steel.

The author observed the change of tensile strength and elongation of low carbon steel tubes, small in diameter, which were pickled in acid solutions different in concentration and temperature. The ascertained results of the experiments are as follows:—

- 1) Steels which are pickled in acid solution show increased tensile strength and decreased elongation.
- 2) To prevent the acid brittleness of pickled steel, the use of some inhibitor is much effective.
- 3) Acid brittleness is recovered by means of heating the pickled steel at low temperature or setting at room temperature for several days.

I. 緒言

鋼に附着してをるミルスケール、或は焼鈍に依て生じたスケールを除去するには、サンドブラストの如きもので機械的におとす方法と、酸洗ひで化学的におとす方法がある。後者の如き酸洗ひ (Pickling) によるときは、鋼を酸液中に浸漬する爲に、鋼のスケールが除去されると共に、発生した発生機の水素が鋼の内質中に擴散して、鋼の材質を著しく脆くする傾向がある。この現象は酸洗脆性 (Acid Brittleness) と云はれ、よく知られてをる事實である。

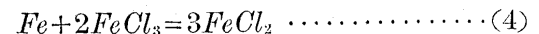
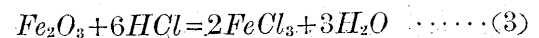
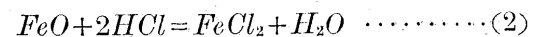
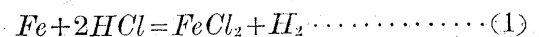
著者の研究は低炭素の小徑鋼管を酸洗ひをなせるときにその抗張力、伸に於て如何なる變化があるかを實驗的に觀察し、酸洗ひの際の酸の濃度、溫度、及び酸洗ひの時間が酸洗脆性の發生に如何なる影響があるかを確めんとしたものである。尙この酸洗脆性は如何にしたら防止出来るか、又一旦發生した酸洗脆性は如何にしたら除去出来るかを考究せるものである。

一般に鋼の脆性の測定には衝撃試験を行ふのが最適切であるが、本研究に於ては或る目的の爲に、試験材料として鋼管を使用せる爲主として抗張試験に於ける伸の變化によって、脆性の大小を判定することにした。故に酸洗脆性の測定としては實驗上多少杜撰であつた事をお断りして置。

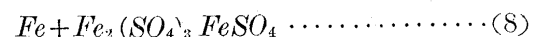
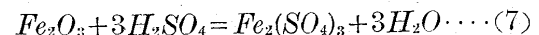
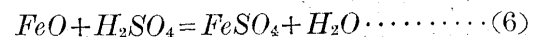
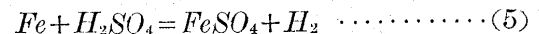
II. 酸洗に起る化學反應と酸洗脆性に関する二三の説

鋼に附着してあるスケールを除去する爲に鋼を鹽酸又は硫酸の溶液中で酸洗ひするときは次の如き反應が起る。

1) 鹽酸の場合



2) 硫酸の場合



以上の諸反應の中、酸がスケールを溶解する反應は (2) (3) 及び (6)(7) であるが、これらの反應は (1) 及び (5) の反應に比して著しく弱いものである。即通常の酸洗ひに於ては、スケールを溶かすよりも、スケールを通して進入した酸が、地鉄の肌を侵して發生する水素瓦斯が、機械的にスケールの殻を剝すのである。

又鹽酸及び硫酸の場合を比較するに、通常の酸洗ひに於

* 日本鋼管株式會社

いては硫酸の方が鹽酸に比して地鉄を侵すことが盛であるが、鹽酸の方は硫酸に比してスケールを溶かすことが多く従て鐵の地肌を侵すことが硫酸より比較的少い¹⁾。

1) 及び 5) 式の反應で生ずる水素の大部分は瓦斯状となり霧状となって空中に飛散するものであるが發生機の水素の一部は鋼の内質に擴散するものである。この事實は可成り古くから知られてをり文献に見えてゐるが C. A. Edwards 氏²⁾ が興味ある實驗をなしてをり、水素が鋼に擴散する量と、酸の濃度、酸の溫度及び鋼板の厚みとの關係を明にしてゐる。即鋼板を酸液中に浸漬したる際に鋼板中に擴散する水素の量は、酸の濃度、溫度に比例し、又酸洗ひの時間が長い程増加する。然し鋼板の厚みが厚くなるに従ひ水素の擴散は弱くなると述べてゐる。又 P. Bardenheuer 氏及び Thanheiser 氏³⁾ は水素の擴散量は鋼板の炭素量の差或は熱處理の差によって差あることを示してゐる。

酸洗脆性は鋼質中に擴散せる水素によるものである故にその擴散せる水素の量の多少によつて脆性の發生方の異なることは容易に想像される。酸洗ひに於いて鋼の水素吸収とその機械的性質を研究したのものには H. Sutton,⁴⁾ P. Ludwik,⁵⁾ S. Langdon and Grossmann,⁶⁾ P. Bardenheuer u. H. Ploum⁷⁾ の諸氏の文献がある。

これ等諸氏の研究結果を綜合するに、酸洗脆性は酸洗ひの方法に著しき關係あることは云ふ迄もないが、鋼質の差即炭素含有量の多少、鋼の加工状態、熱處理の有無によつて差異のあることを述べてゐる。その概略を記すと次の如くである。

- 1) 酸洗脆性は鋼の炭素量が増すに従ひ激しくなるが、炭素量が或る程度以上高くなると却て減少する。
- 2) 酸洗脆性は鋼が硬い状態で最激しく、軟い状態では最少。即常溫加工をなしたる鋼程脆くなり、焼鈍せるものはその影響少い。
- 3) 合金鋼例へばニッケルクロム鋼の如く酸に侵され難い鋼は、酸洗脆性を生ずること少い。

¹⁾ Bablick: Grundlagen des Verzinkens S. 8~18.

²⁾ Iron and Coal Trade Rev. 1924. p. 382

³⁾ Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. Düsseld. Bd. 10. (1928) S. 324~342.

⁴⁾ Journal of Iron and Steel Inst. No. 1. 1927. p. 79.

⁵⁾ V. D. I. Nachr. 1926. p. 385

⁶⁾ Tr. Am. Elect. Chem. Soc. 1920. Vol. 37. p. 543.

⁷⁾ Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. Düsseld. Bd. 16. (1934) S. 129~136.

4) スケールを以て蔽はれた鋼は、蔽はれぬ鋼より水素が擴散し易く、従て酸洗脆性が強く起る。

5) 鋼質の悪い鋼程脆性を生じ易い。

6) 酸洗脆性を起してゐる鋼は空氣中に數日間放置するときは元の性質を回復する。又高い溫度では短時間でよい。

斯くの如く酸洗脆性の原因となるものは多くの因子の集合である故に概括的に總ての場合を論ずることは出来ない。

III. 實驗方法と試験片

酸洗ひを行ふ試験片としては、低炭素の小徑鋼管を使用した。抗張試験を行ふ爲に長さ約 5,000mm の鋼管を 300mm の長さの試験片 16 本に切斷し、この 16 本の試験片を 1 組として實驗を行ふこととし 22 組、合計 352 本の試験片を作た。化學成分はなるべく一定のものを擇んだが多少の差のあるのは止むを得なかつた。試験片の寸法、化學成分を示すと第 1 表の如し。

第 1 表 試験片の寸法と化學成分

試験片の符號	管の本數	外徑 (mm)	肉厚 (mm)	長さ (mm)	C	Mn	S	P	Si
1~5	各16本	19	2.4	300	0.15 ~ 0.20	0.35 ~ 0.50	0.005 ~ 0.040	0.015 ~ 0.040	tr
6~20	各16本	16	1.6	300	"	"	"	"	"
21~22	各16本	19	3.2	300	"	"	"	"	"

試験片は何れも 850°C で焼鈍を行た。

實驗方法としては 450×250×300mm の鉛を内張りせるタンクに約 10l の酸の溶液を入れ 1 組 16 本の試験片を浸漬して酸洗ひを行ひ、一定時間の経過毎に順次試験片を引き上げ抗張試験を行ふ。酸洗ひを濃度の異なる鹽酸及び硫酸液中で行ひ、又硫酸の場合は液溫を常溫、40°C、60°C、80°C に變化して行た。これにより試験片を酸洗ひするときに、液の濃度、溫度及び時間の調節によつて酸洗脆性の防止が出来るや否やを見んとした。

次に酸洗ひの際に、酸洗加入劑 (Inhibitor) を加へて試験片を酸洗ひし、抗張試験を行ひ加入劑が酸洗脆性の防止にどの位の効果があるかを確めんとした。又酸洗脆性を除去する實驗として、酸洗脆性を生ぜしめた試験片を低溫度で加熱し、或は數日間空氣中に放置して、その抗張試験を行ひ、脆性の回復状態を見んとした。

以上の如き方針を以て行た實驗結果は次に述べる。

IV. 鹽酸に於ける酸洗ひ

工業用鹽酸 (29.0%, 比重 1.147) を用ひて、常溫で 2%, 3.7%, 8%, 14.5% の濃度で試験を行た。試験は 1 組 16 本の鋼管を酸液中に入れて 30 分、1 時間又は 2 時間おきに管を引き上げて抗張試験をした。抗張試験の結果は試験片 2 本の平均値で示す。試験結果は第 2 表の如し

第 2 表 鹽酸液中の酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化

鹽酸濃度 (%)	試験片符號	機械的性質	酸洗時間 (時)					
			0	0.5	1	3	5	9
2	1	抗張力(kg/mm ²)	34.5	—	34.8	35.0	36.3	36.9
		伸 (%)	43.0	—	41.0	37.0	32.0	26.0
3.7	2	抗張力(kg/mm ²)	34.8	—	36.3	36.3	37.2	—
		伸 (%)	42.0	—	44.0	40.0	27.0	—
8	3	抗張力(kg/mm ²)	36.2	38.2	38.2	38.8	38.3	—
		伸 (%)	43.0	40.0	37.0	30.0	26.0	—
14.5	4	抗張力(kg/mm ²)	35.6	36.4	37.8	37.4	37.5	—
		伸 (%)	45.0	42.0	27.0	30.0	30.0	—

(伸の測定は標點距離 50mm で行ふ。)

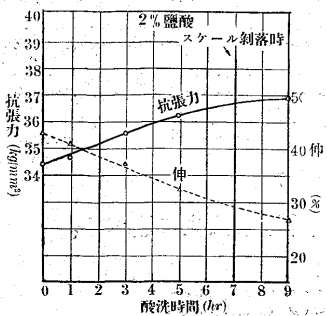
以上の結果を圖示すると第 1 圖、第 2 圖、第 3 圖、第 4 圖の如し。即如何なる濃度の鹽酸で酸洗ひを行ても、酸洗脆性は浸漬時間の長くなると共に激しくなることが知られる。

次にスケールの剝落迄に要する時間及びスケール剝落時に於ける抗張力と伸びの増減及び増減率を示すと第 3 表と第 5 圖の如し。

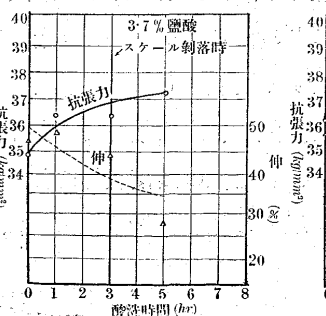
第 4 表 硫酸液中の酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化

硫酸濃度 (%)	温度 (°C)	試験片符號	機械的性質	酸洗時間(時)							
				0	0.25	0.5	1	3	5	8	
1	40	6	抗張力(kg/mm ²)	38.3	—	—	40.8	41.0	40.5	40.9	
			伸 (%)	36.0	—	—	21.0	20.0	17.0	18.0	
	60	7	抗張力(kg/mm ²)	36.5	—	38.6	38.6	39.1	39.9	—	
			伸 (%)	40.0	—	33.0	25.0	22.0	24.0	—	
	80	8	抗張力(kg/mm ²)	33.1	34.8	35.2	35.3	33.7	34.4	—	
			伸 (%)	42.0	31.0	25.0	25.0	22.0	25.0	—	
4	40	9	抗張力(kg/mm ²)	37.0	—	37.6	37.7	40.1	40.4	—	
			伸 (%)	39.0	—	36.0	32.0	23.0	20.0	—	
	60	10	抗張力(kg/mm ²)	38.0	—	39.1	40.2	39.4	39.6	—	
			伸 (%)	40.0	—	25.0	22.0	17.0	24.0	—	
	80	11	抗張力(kg/mm ²)	36.2	36.1	37.5	38.0	37.3	38.2	—	
			伸 (%)	39.0	25.0	19.0	22.0	22.0	24.0	—	
8	17	12	抗張力(kg/mm ²)	35.3	—	—	36.9	36.2	37.5	38.5	
			伸 (%)	39.0	—	—	35.0	24.0	21.0	15.0	
	40	13	抗張力(kg/mm ²)	35.6	—	—	37.1	39.3	39.1	39.8	
			伸 (%)	39.0	—	—	33.0	25.0	24.0	22.0	
	60	14	抗張力(kg/mm ²)	35.8	—	37.2	38.6	38.4	39.5	—	
			伸 (%)	36.0	—	22.0	20.0	20.0	12.0	—	
	80	15	抗張力(kg/mm ²)	35.9	37.9	37.1	38.4	38.7	39.7	—	
			伸 (%)	41.0	23.0	20.0	24.0	18.0	21.0	—	
	16	21	16	抗張力(kg/mm ²)	31.9	—	—	33.2	35.1	34.8	34.7
				伸 (%)	42.0	—	—	37.0	23.0	22.0	17.0
		40	17	抗張力(kg/mm ²)	37.1	37.4	37.2	37.8	38.8	38.9	—
				伸 (%)	38.0	37.0	33.0	點外	27.0	26.0	—
60		18	抗張力(kg/mm ²)	36.9	38.3	38.1	38.0	37.1	37.2	—	
			伸 (%)	39.0	29.0	20.0	29.0	31.0	24.0	—	
80	19	抗張力(kg/mm ²)	36.0	38.2	38.4	38.3	36.2	37.4	37.5		
		伸 (%)	38.0	24.0	25.0	19.0	21.0	29.0	18.0		

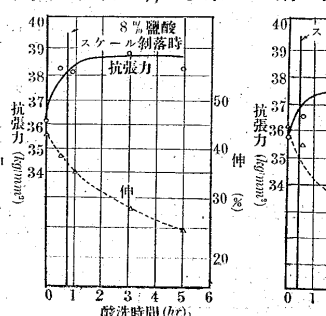
第 1 圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



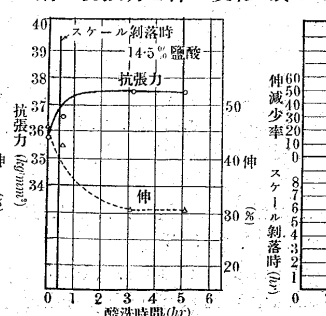
第 2 圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



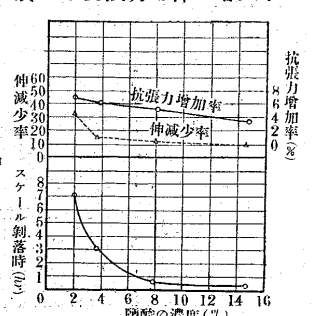
第 3 圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



第 4 圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



第 5 圖 スケール剝落時に於ける抗張力と伸の増減率



第 3 表 鹽酸液による酸洗ひにてスケール剝落に

酸の濃度	スケール剝落に要せし時間 (時)	要せし時間及び抗張力と伸の増減率			
		抗張力の増加 (kg/mm ²)	抗張力の増加率 (%)	伸の減少 (%)	伸の減少率 (%)
2.0	7	2.2	6.4	15	32.0
3.7	3	2.0	5.8	7	16.5
8.0	45分	1.9	5.3	5	11.5
14.5	20分	1.2	3.4	5	11.0

これで見ると抗張力の増加率は 3~6% で、伸の減少率は 11~35% の範囲にある。

これ等の結果を綜合するに鋼のスケールを除去する爲に、鹽酸溶液中で酸洗ひを行ふ時は、薄い酸で長時間行ふよりも濃い酸で、即 10~14% 位の濃度のもので素早く行た方が酸洗脆性が少なくて済む。但し濃い酸を使用する時は酸洗脆性の進行が急激である爲引き上げる時間が重要であり、實作業にあっては相當困難を伴ふことゝ思はれる。

V. 硫酸に於ける酸洗ひ

實驗には工業用硫酸 (61%, 比重 1.5195) を使用した實驗方法は鹽酸の場合と同様であるが、液温を高めるにはタンクの底に鉛の蛇管を装置してこの中に蒸氣を通じた。この試験の結果は第 4 表の如し。

以上の酸洗ひにて 4% 80°C, 8% 80°C, 16% 60°C, 80°C の場合は水素の発生極めて盛で悪臭甚し。

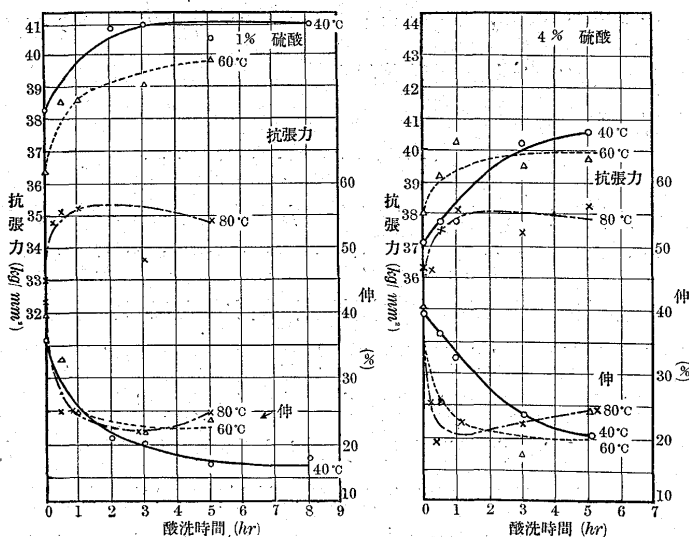
実験結果を圖示すると第6圖、第7圖、第8圖及び第9圖の如くなる。これ等の結果を見るに 1~16% の硫酸で常温から 80°C の各温度で酸洗ひするときは如何なる場合にも酸洗脆性を生ずることがわかる。酸洗脆性の発生は、各濃度に於て温度の低いもの程緩慢であり、液温の昇るに従ひ短時間に激しくなる。而して 80°C に於て酸の濃度の濃きとき、長時間酸洗ひするときは伸が稍々回復し、又抗張力が減少する傾向が認められる。

次に各酸洗ひに於てスケールの剝落迄に要した時間及びその脱落等に於ける抗張力の増加及び増加率、伸の減少及び減少率を圖より求めると第5表、第10圖、第11圖の

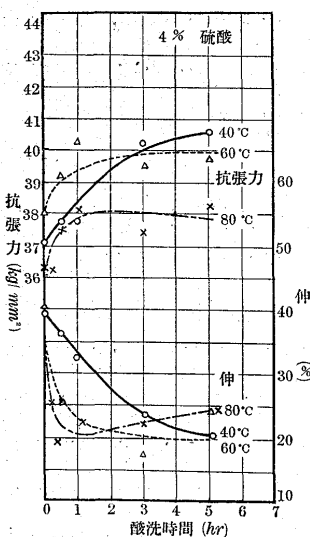
第5表 硫酸液による酸洗ひにてスケール剝落に要せし時間及び抗張力と伸の増減率

酸の濃度 (%)	温度 (°C)	スケール剝落に要せし時間 (時)	抗張力の増加 (kg/mm ²)	抗張力の増加率 (%)	伸の減少 (%)	伸の減少率 (%)
1	40	45	2.7	7.0	18.0	5.0
	60	2.5	2.9	8.0	17.0	4.2
	80	1.0	2.2	6.7	17.5	4.2
4	40	3.5	3.1	8.4	17.0	4.3
	60	1.1	1.3	3.4	18.5	4.5
	80	25分	1.1	3.0	19.0	4.9
8	17	12.0	3.2	9.4	24.0	6.2
	40	2.5	2.6	7.5	11.5	3.0
	60	50分	1.8	5.0	15.0	4.1
16	80	20分	1.4	3.9	15.0	3.7
	21	4.5	2.8	8.8	20.0	4.3
	40	1.5	1.0	2.7	9.0	2.4
	60	25分	1.1	3.0	7.0	1.8
	80	15分	2.1	5.8	3.0	3.4

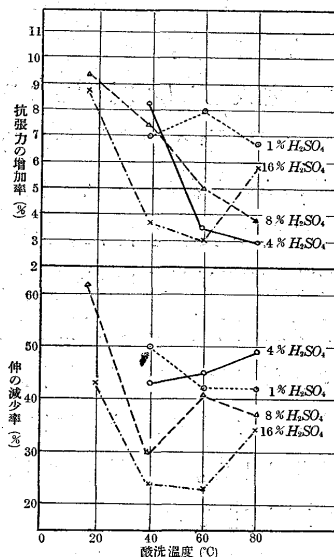
第6圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



第7圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化

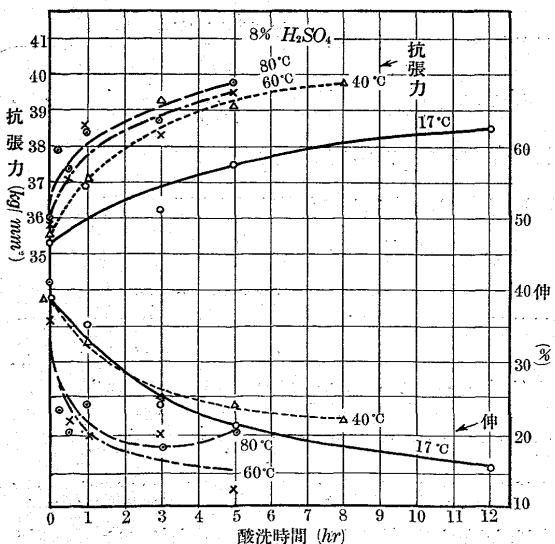


第11圖 スケール剝落時に於ける抗張力と伸の増減率

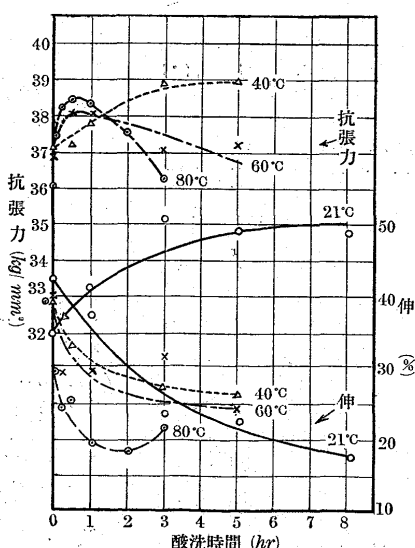


第11圖の線圖は餘り良好な結果を示さないが大體の傾向を知ることが出来る。即ち常温での酸洗ひは長時間を要し、脆性が最甚しい傾向にある而して酸の濃度如何に拘らず、温度高き酸洗ひの方が抗張力の變化少いが伸の方は常温の酸洗ひで最激しく變化し、昇温するに従ひ或る温度で最變化の少い點があるものと想像される。酸洗ひによ

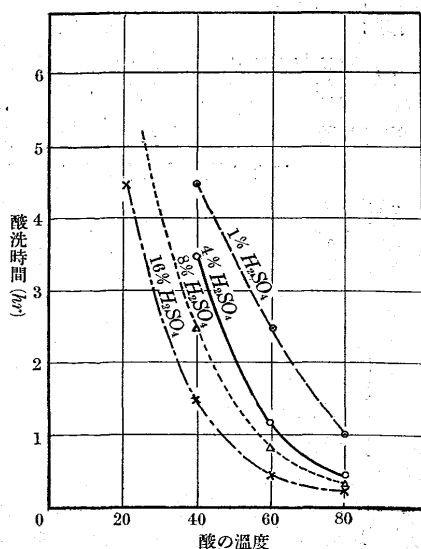
第8圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



第9圖 酸洗ひによる鋼の抗張力と伸の變化



第10圖 硫酸の濃度、温度とスケール剝落時間の關係



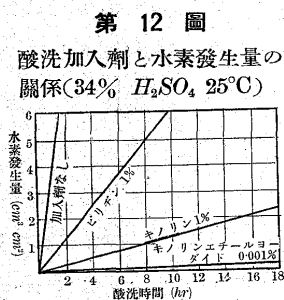
る抗張力の増加率は3~10%であり、伸の減少率は18~62%の範囲である。これは鹽酸の場合の抗張力の増加率3~6%、伸の減少率11~35%に比すれば高い。故に硫酸に於ける酸洗ひは鹽酸に於けるときよりも鋼に酸洗脆性を生じ易いと云へる。

以上の實驗により、炭素量0.15~0.20の軟鋼は鹽酸或は硫酸の酸洗ひの際には、酸洗脆性を生ずる事を確めた。

VI. 酸洗脆性の防止法と除去法

a) 酸液中に加入劑 (Inhibitor) を添加せる場合

酸洗加入劑 (Inhibitor) は酸洗ひ中に生ずる水素の發生を阻止し、酸洗過度、酸洗脆性の防止及び酸の消費の節減を目的とするものである。この加入劑は窒素化合物が主體となつてをる。例へばピリジン、キノリン等がこの作用が著しい。第12圖⁸⁾は酸洗ひに於てこの藥品を添加せるときの、水素の發生量を比較したものである。



第12圖

酸洗加入劑と水素發生量の關係(34% H₂SO₄, 25°C)

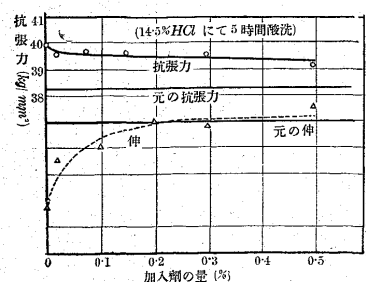
酸洗加入劑として市販されるものに Rodine, Picklet その他のものがある。こゝにはその一を選び實驗を行た。先づ14%の鹽酸溶液中に0~0.5%の加入劑を加へて、3時間試験片の酸洗ひを行ひ、その機械的性質の變化を見た。次に加入劑の量を0.03%と一定にし時間に依て機械的性質の變化を測定した。この結果は第6表、第7表及び第13圖、第14圖である。

次に加入劑の量を0.03%と一定にし時間に依て機械的性質の變化を測定した。この結果は第6表、第7表及び第13圖、第14圖である。

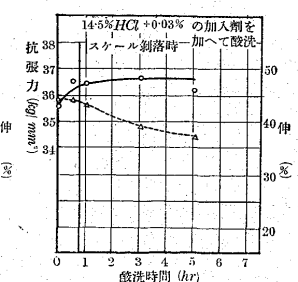
第6表 酸洗時間を一定にし加入劑の量を變化せる場合 (酸洗時間...3時間)

試験片の符號	機械的性質	加入劑の量 (%)						焼鈍状態
		0	0.02	0.1	0.2	0.3	0.5	
21	抗張力(kg/mm ²)	40.0	39.3	39.7	39.6	39.5	39.1	8.3
	伸 (%)	2.0	3.0	36.0	40.0	39.0	42.0	40.0

第13圖 加入劑を添加せる酸洗ひによる抗張力と伸の變化



第14圖 加入劑を添加せる酸洗ひによる抗張力と伸の變化



第7表 加入劑の量を一定にし、酸洗時間を變化せる場合 (加入劑...0.03%)

試験片の符號	機械的性質	酸洗時間(時)				
		0	0.5	1	3	5
5	抗張力(kg/mm ²)	35.5	36.5	36.3	36.6	36.1
	伸 (%)	44.0	44.0	43.0	39.0	37.0

この實驗結果で知る如く、酸洗加入劑の量を増す程、脆性の受ける程度が少くなり、0.2%以上を加へれば伸は殆ど變化ない。又0.03%の如き微量を用ひてもスケール剝落時に於ては伸は殆ど減少せぬ。然し何れの場合も抗張力の増加は防ぎ得ぬもののやうである。尚酸洗中は水素の發生は極めて少い。但し加入劑を使用するときは酸洗時間の長くなるのは止むを得ないことで0.03%を加入せるときは酸洗時間は普通の場合の約2倍を要し0.5%を加入せるときは6倍の時間を要す。

硫酸液中に加入劑を加へてほぼ同一の實驗をなしたが鹽酸の場合と大差なき結果を示した。故に酸洗加入劑を適當に使用すれば鋼の酸洗脆性を或る程度迄防止出来ることを確めた。

b) 酸洗後低温度で加熱せる場合

酸洗ひに依て鋼に吸収せられた水素は極めて不安定な状態にあり、空氣中に放置するか、低温度で加熱するかにより容易に除去され、鋼の脆性を回復すると云はれてをる。先づ加熱時間と加熱温度を變化せるときの、脆性の回復に及ぼす影響を確めん爲に、加熱時間を一定にし温度を變化せる場合と、加熱温度を一定にし加熱時間を變化せる場合の試験片の抗張試験を行た。その結果は第8表、第9表の如くで第15圖、第16圖はこれを圖示せるものである。

第8表 加熱時間を一定にし温度を變化せる場合 (加熱時間...15分)

試験片の符號	機械的性質	加熱温度(°C)					元のもの
		0	200	380	500	元のもの	
6	抗張力(kg/mm ²)	39.0	39.6	38.6	39.4	38.2	
	伸 (%)	26.0	29.0	39.0	39.0	39.0	

(試験片は14.5%鹽酸で5時間酸洗せるもの)

第9表 温度を一定にして加熱時間を變化せる場合 (加熱温度...100°C)

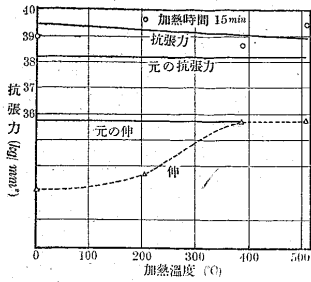
試験片の符號	機械的性質	加熱時間(時)						元のもの
		0	1	3	6	8	12	
22	抗張力(kg/mm ²)	57.5	38.0	37.9	—	—	37.2	37.4
	伸 (%)	22.0	30.0	41.0	38.0	42.0	42.0	42.0

(試験片は14.5%鹽酸で4時間酸洗せるもの)

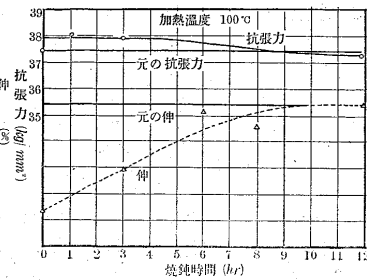
この實驗結果により400°C以上の温度では短時間の加熱で酸洗脆性を除去出来るが100°Cの温度では10時間

⁸⁾ Am. Inst. Chem. Eng. Cleveland 1927.

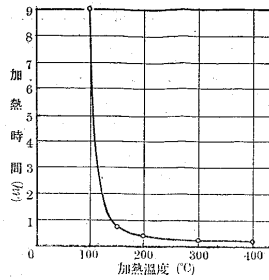
第 15 圖 加熱による酸洗脆性回復曲線



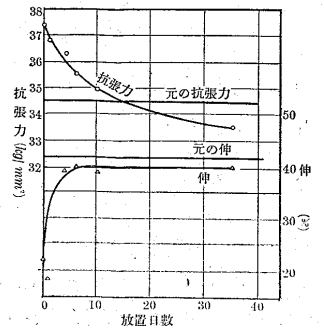
第 16 圖 加熱による酸洗脆性回復曲線



第 17 圖 酸洗脆性を除去するに要する加熱温度と時間の関係



第 18 圖 常温に於ける酸洗脆性回復曲線



も要す。

第 17 圖は酸洗脆性回復の加熱時間と温度の關係を示したものである。但しこれは試験片として 1/2" の軟鋼の鋼管を 60°C の 6% 硫酸で 1 時間酸洗せるものについて行つた實驗結果である。

c) 酸洗後空氣中に放置せる場合

前記の實驗に依て、酸洗脆性の回復は低温度の加熱では長時間を要することを知たが常温ではどの程度のものであるかを實驗した。即酸洗せる試験片を空氣中に放置しておき、一定の日をおいて抗張試験をなした。この結果は第 10 表の如くで圖示せるものは第 18 圖である。

第 10 表 酸洗後常温に放置せるときの機械的性質の變化

試験片の符號	機械的性質	酸洗後の日數(日)					
		0	1	4	6	10	35
20	抗張力(kg/mm ²)	37.2	36.8	36.3	35.5	35.1	33.5
	伸 (%)	22.0	18.0	39.0	40.0	39.0	42.0

(試験片は 8% 硫酸 70°C に於て 1.5 時間酸洗せるもの)

即 5 日間空氣中に放置せるものは抗張力はやゝ高いが、伸はほゞ之に復するを知る。

以上の實驗より酸洗脆性を生ぜる鋼は、空氣中に放置すること、或は低温度の加熱に依て、抗張力及び伸が元の状

態に回復することを確め得た。

VII. 結 論

炭素量 0.15~0.20 の軟鋼を、鹽酸又は硫酸の溶液中で酸洗ひをなすときは、酸洗脆性を起して抗張力が増加し、伸が著しく減少して材質が脆弱となる。この現象は酸の濃度及び温度を適當に調節することにより、或る程度低減出来るが絶對的に防止出来ぬ。而して鹽酸で酸洗ひする方が硫酸の場合より脆性の發生が少い。

この酸洗脆性を防止するには酸洗ひの際に、適當なる酸洗加入劑を酸液中に加へれば、略々その目的を達することが出来る。又一旦脆性を呈した鋼は 300~400°C の温度で短時間加熱するか、常温で數日間放置するとほゞ元の性質を回復するものである。

(本研究は昭和 6 年に日本鋼管株式会社試験機で行つたものであるが、その後本社の堀内、中部兩君がこれに関し二、三の實驗をなし、著者に益すること大であつた。こゝに厚く謝意を表す。)