

白點狀缺陷に關する研究 (V)

構造用特殊鋼酸洗に發生する白點狀缺陷に就て

(昭和23年10月本會講演大會講演)

下川 義雄*

STUDIES ON THE FLAKE-LIKE DEFECTS IN STEEL (V)

Acid Pickling of Special Structural Steel. —

Yoshio Shimokawa

SYNOPSIS:— On the acidpickling of the medium carbon low alloy steels by the dilute sulphuric acid solution saturated with FeS, we can always find the flake-like defects on the fracture of tensile and bending test piece. The experiments with this phenomenon are summerized as follows:

- (1) The appearance of this defect is similar to the normal flake of the alloy steels but smaller than the latter.
- (2) The tensile quantities vary with its heat treatment. If the test piece be quenched and tempered with comparatively high temperature, the defects will appear during the tensile test, but if the test piece be quenched only or quenched and tempered with the low temperature, the defects must appear during the pickling.
- (3) From the results of the bending test and the pickling of the quenched test piece it will be assumed that the defect may occur by the co-operation of the stress by the supersaturated hydrogen and the other tensile stress.
- (4) The flake-like defects may occur at the definite point on the test piece, because we can recognize this point during the tension test before this test piece be broken and if the acid pickling be prolonged, this part will be corroded more strongly than the other part.

I. 緒言

第1～4報の小鋼塊白點試験法による白點狀缺陷に關する研究は從來の研究で見逃がされてゐた幾つかの新事實を明らかにし得たに拘らず、方法的には從來の方法の改良に過ぎず不十分であり本研究のみでは從來の結論以上の結果を白點發生機構探究の上に期待する事は難かしい。例えば從來の理論の難點の一つと考へられる鋼種による白點發生感度及び發生白點形態の差が添加元素の水素の吸収或は擴散能の差のみでは到底明らかにし得られないにも拘らず同一處理の各種特殊鋼の間に白點發生感度に著しい差が認められる點、又白點狀缺陷と考へられる種々の現象が當然一元的に説明されるべき筈の所が從來の理論では十分でない點がある事等に対して上述の諸結果は從來の結果以上に貢獻する所が無い。

即ち之等の點を解決するには新しい立脚點に立つ

實驗事實を必要とする。然るに各種の鋼を酸洗する場合白點類似の現象を呈する事が三井氏の酸洗脆化の研究¹⁾に詳細に報告されてゐる。筆者は之の點に着目し本方法を利用して白點發生機構上の上述の諸點を明らかにしようと試みた。但し三井氏の實驗の如く廣範に脆化の問題を取扱わず、酸洗脆化の出現は事實として肯定し試験片に種々の外的條件を與へて白點狀缺陷に及ぼす外的條件の影響を求める事によつて白點狀缺陷の發生機構を明らかにする事を目的とした。以下數報

第1表 試験試料の化學成分

試料 記號	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
A	0.40	0.22	0.50	0.021	0.037	0.89	2.58	—
B	0.31	1.10	0.95	0.026	0.028	0.86	—	—
C	0.30	0.28	1.15	0.033	0.043	1.16	—	—
D	0.26	0.27	0.50	0.024	0.037	0.98	—	0.52
E	0.26	1.05	1.24	0.029	0.030	1.01	—	—
F	0.26	0.96	1.17	0.030	0.042	0.89	—	0.49
G	0.29	0.36	0.51	0.050	0.042	0.96	2.90	0.59

* 扶桑金屬工業鋼管製造所

に上の観点から行つた諸実験を整理して報告する。本報には第1表に示した構造用特殊鋼の抗張及び屈曲試験結果を報告する。

II. 実験方法

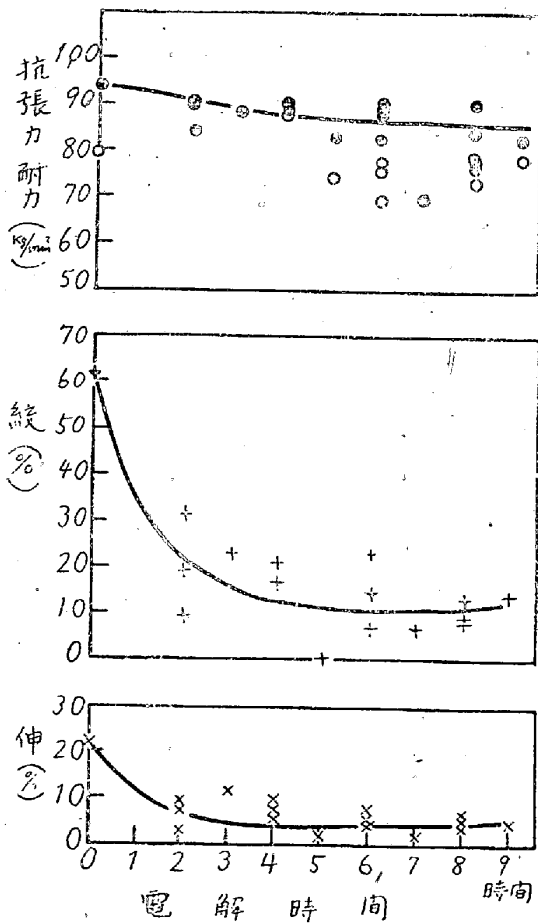
第1表の諸鋼より作製した抗張、屈曲、衝撃試験片等を FeS で飽和した稀硫酸中で電解或は酸洗しその破面に発生する白點狀缺陷を観察した。酸洗は 3% H₂SO₄ に 3g/l の FeS を加へて常温で行ひ、電解は 2% H₂SO₄ + 3g/l FeS を用い、電圧 220V、電流は A 4 號抗張試験片で 5A 及び 3A で行つた。尚温度は出来るだけ一定にし長時間に亘る際には約12時間毎に新液と交換した。

III. 実験結果

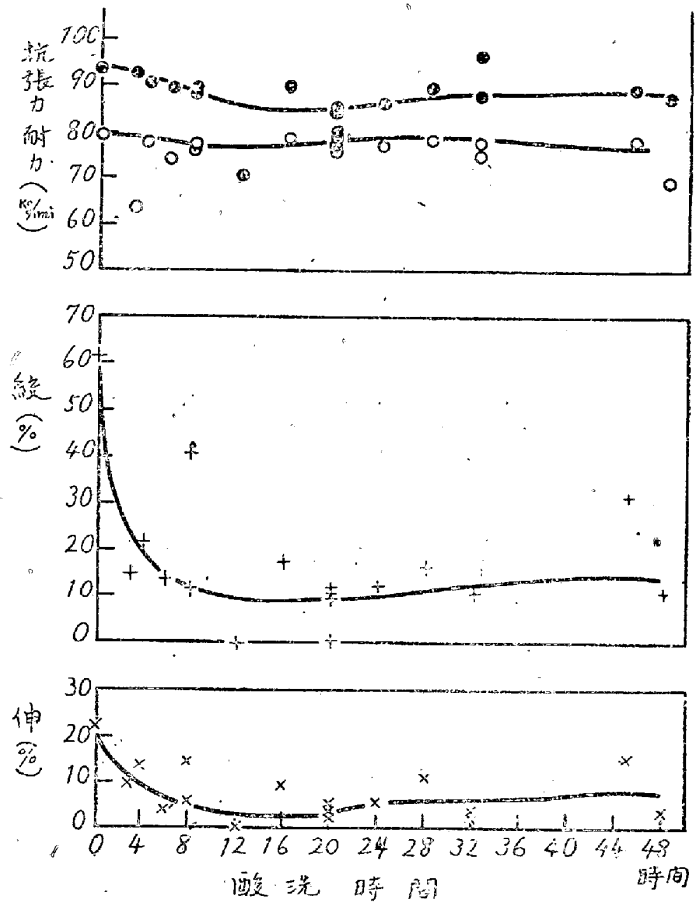
(1) 脆化に及ぼす酸洗及び電解時間の影響

基礎實驗として 880°C で油焼入 600°C で空氣焼戻した A 鋼の A 4 號抗張試験片を電解及び酸洗し電解及び酸洗時間と抗張力、降伏點、伸、絞及び白點狀缺陷の發生狀況との關係を求めた。

第1圖 電解時間による抗張的性質の變化 (A鋼)

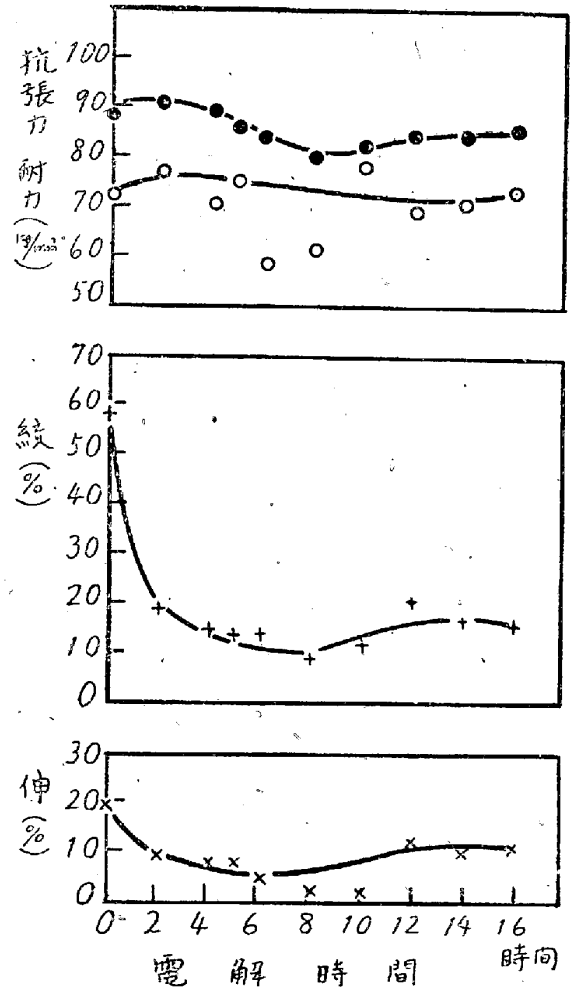


第2圖 酸洗時間による抗張的性質の變化 (A鋼)



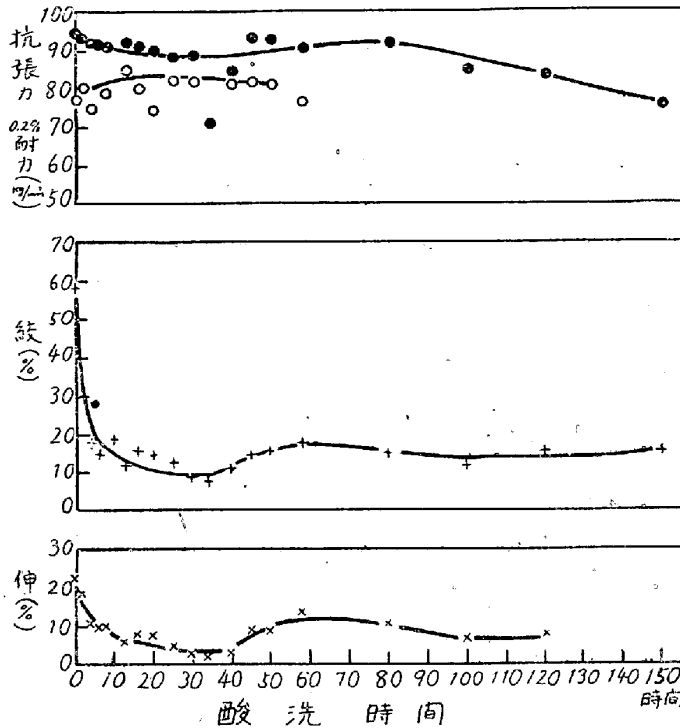
第3圖

電解時間による抗張的性質の變化 (C鋼)



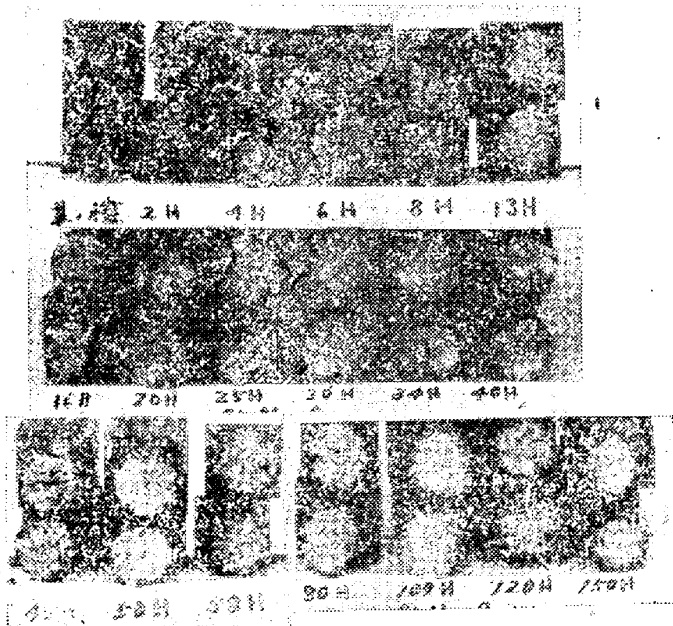
第1圖はA鋼の電解の際の電解時間と抗張的性質との關係、第2圖は酸洗時間との關係を示したものである。脆化は數時間で略最大になり伸、絞に於て最も明瞭で著しく低下し抗張力は僅かに低下する。抗張力の

第4圖 酸洗時間による抗張的性質の變化(B鋼)



低下は白點狀缺陷の大小によつて影響を受ける。降伏點は幾分増加の傾向が見られる。同様な實驗をC鋼に對して電解で、B鋼に對して酸洗で行つた結果が夫々第3、4圖である。之等の鋼の傾向はA鋼と全く同様である。電解或ひは酸洗時間が著しく長くなると一般に白點狀缺陷の發生は寧ろ減少しその代り層狀割れを呈する様になる。之れは酸洗途上に發生し而も粒界割れである點が後述の如く切斷の際に發生し而も粒界割れである白點狀缺陷と著しく異なる。之等の結果はB鋼の酸洗後の破面を示した第5圖から認められる。

第5圖 酸洗時間と破面との關係(B鋼)
(數字は酸洗時間)



又比較的短時間酸洗又は電解した抗張試驗の際觀察すると降伏點を越えた附近から試験片の表面に點々と幾分ふくれを感じる様になり最大抗張力の附近に到るとその部分が引張方向と直角な割れを發生しその最も大きな所から切斷する。又切斷後試験片上に多數の蛇腹狀の割れの發生を見るが、之の部分に破斷すると白點狀缺陷が發生してゐる。之れより白點狀缺陷は切斷の際任意の部分に發生して來るのでは無く豫め核となるべき部分が存在すると考へられる。

尙之の部分は長時間の酸洗によると特に酸に侵され方が激しく試験片上に斑點として認められる様になる。ABC以外の鋼に於ても同様であるがその結果は省略する。

(2) 脆化回復の狀況

脆化回復に關する試験も主としてA鋼に對して行つた。

第2表 脆化回復に及ぼす常温放置の影響

試料記號	脆化處理	脆化時間	常温放置時間	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸 %	絞 %	破面の白點狀缺陷
A 1	行はず	—	—	94.0	79.5	22	61	なし
A 21	電解	8H	24H	90.5	79.6	9	20	あり
A 31	酸洗	6H	〃	96.0	82.9	16	34	〃
A 35	〃	8H	〃	81.8	57.8	18	46	〃
A 43	〃	20H	〃	106.0	91.8	5	16	〃
A 46	〃	〃	〃	90.4	78.4	16	33	〃
A 50	〃	〃	〃	91.3	78.0	16	34	〃
A 59	〃	48H	25H	85.2	78.6	6	11	〃
A 56	〃	32H	40H	91.6	78.0	5	15	〃
A 32	〃	6H	48H	107.8	75.6	16	47	なし
A 36	〃	8H	〃	86.3	73.8	21	50	〃
A 47	〃	20H	120H	88.9	74.4	23	59	〃
A 51	〃	〃	140H	91.1	77.8	20	44	〃
A 15	〃	6H	190H	90.0	75.6	18	49	〃
A 16	〃	〃	264H	90.4	74.0	19	46	〃
A 12	電解	6H	直ちに切斷	90.6	75.6	8	23	あり
A 13	〃	〃	〃	87.7	—	6	7	〃
A 19	〃	8H	〃	90.0	78.8	7	13	〃
A 20	〃	〃	〃	76.0	73.2	4	9	〃
A 30	酸洗	6H	〃	89.9	74.3	4	14	〃
A 33	〃	8H	〃	89.9	77.8	6	12	〃
A 41	〃	20H	〃	84.7	79.5	3	4	〃
A 42	〃	〃	〃	80.3	—	3	11	〃
A 54	〃	32H	〃	77.9	75.2	4	12	〃
A 55	〃	〃	〃	96.8	88.3	3	11	〃
A 58	〃	48H	〃	87.9	70.0	4	6	〃

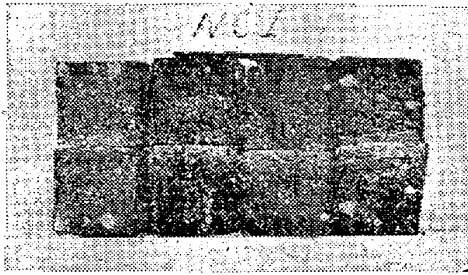
常温に放置した場合の脆化回復の狀況は第2表に示した通りであつて脆化方法脆化時間には餘り影響せず相當長時間後始めて白點狀缺陷は回復するが伸絞等は完全に元の状態には復元せず破面も完全でない。又之れを100°Cで煮沸した場合も同様である。

(3) 屈曲試験の際に發生する白點狀缺陷

屈曲試験は試料の位置により應力の作用方向等が異なるため白點狀缺陷發生の際に働く應力の方向を推定するのに便利である。Oelsen 屈曲試験機により電解し

たA鋼の15mm角長さ150mmの試験片で内側半径8mmで試験した結果第6圖の如く外側の張力の働く部分

第6圖 屈曲試験片の破面

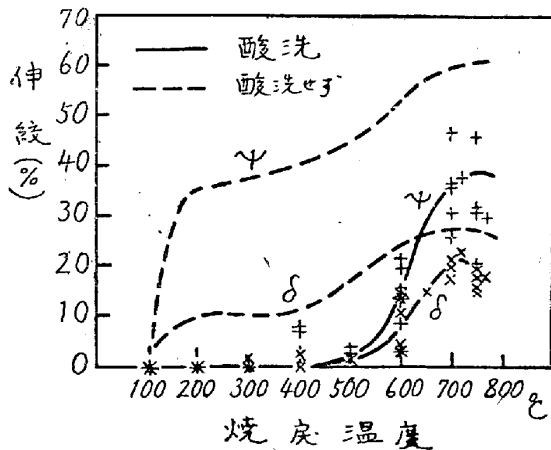
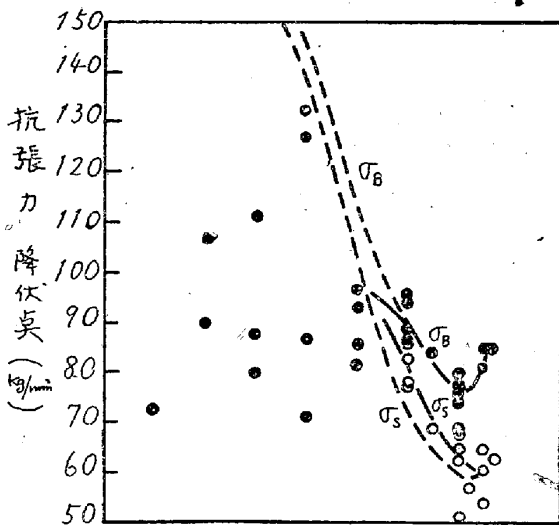


分のみ白點狀缺陷が発生し内側の壓縮力の働く部分には発生しない。之れより抗張試験と併せ考へて白點狀缺陷の發生に際し發生方向に直角な張力の作用の必要な事が確認される。

(4) 脆化に及ぼす焼戻の影響

以上の結果は何れも焼入及び焼戻温度は一定にして實驗した。次に鋼種及び酸洗方法を一定にして熱處理により抗張的性質を變化させた場合脆化或は破面の白點狀缺陷の變化を實驗した。以下試料は何れもB鋼を脆化方法は酸洗によつた。本節では先づ880°Cで油焼

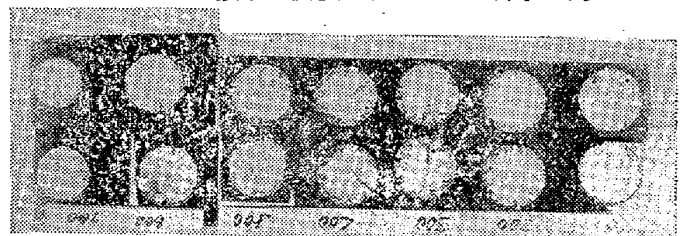
第7圖 焼戻温度と酸洗脆化の關係(B鋼)



入した試料が焼戻温度による抗張的性質の變化が脆化或は白點狀缺陷に如何に影響するかを試験した。第7圖に酸洗の場合の抗張的性質を圖示した。焼戻は1時間空冷、同油冷、5時間爐冷の結果を同一記號で表はしてあり、酸洗時間が8, 16, 20時間のものと同様に表はしたが抗張的性質には特に著しい差は認められなかつた。圖中點線は酸洗をしない場合の値である。本圖より明らかな如く抗張的性質に及ぼす酸洗脆化の影響は焼戻温度によつて著しく影響を受ける。特に抗張力に於てその變化が著しい。即ち焼戻温度が500°C以下では抗張力が著しく低下し且降伏點は應力-歪曲線上には全く認められず伸絞も著しく小さい。又600°C以上では抗張力の變化は少くなり700°C附近では全く認められず、抗張力の低下を起す温度が600°Cより極めて僅か下にあるらしく思はれる。

尚降伏點は全般的に幾分高くなる傾向が認められる。500°C, 600°C位で白點狀缺陷は最もよく現はれその大小が可成り抗張力に影響を及ぼす。700°Cの場合には白點狀缺陷は一般に小さく稍杯狀を呈する。又500°Cより低い時は破面が全體白く明瞭を缺きその周邊に放射狀の割れを發生する。その狀況の一例を第8圖に示した。

第8圖 焼入焼戻温度と破面との關係(B鋼)
(數字は焼戻温度 °C 1時間空冷)



(5) 白點狀缺陷發生に及ぼす焼入冷却速度の影響
次に焼入の際の冷却速度の影響を試験した。

第3表 白點狀缺陷發生に及ぼす焼入冷却速度の影響

試料記號	焼入(600°C)	焼戻(600°C CAT)時間	酸洗時間	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸 絞 %	白點狀缺陷	
B101	爐冷	直ちに	8H	74.2	45.0	23	47	なし
B102	〃	240H後	〃	75.3	46.0	26	47	〃
B103	空冷	直ちに	〃	83.2	50.5	24	55	〃
B104	〃	240H後	〃	83.0	54.5	22	56	〃
B105	油冷	直ちに	〃	87.8	71.0	12	15	あり
B106	〃	240H後	〃	86.1	78.5	8	8	〃
B107	水冷	直ちに	〃	54.0	—	1	3	〃
B108	〃	264H後	〃	54.9	—	3	4	〃
B109	〃	直ちに	20H	51.6	—	2	2	〃
B110	〃	264H後	〃	55.4	—	3	3	〃

その結果は第3表の通りであつて空冷及び爐冷の際には酸洗途上に白點狀缺陷の發生を見る事は無いが油焼入及び水焼入の際には明らかに酸洗途上に白點狀缺

陷の發生を見、且水焼入の場合の白點狀缺陷が油焼入よりも大きい。これは白點狀缺陷の發生並びに形態に冷却の際の残留應力の差が著しく影響してゐると見るべきである。

(6) 酸洗中に發生する白點狀缺陷と焼戻との關係
上述の影響を更に明瞭に確認するため水焼入した試料を低温より順次焼戻して之れを酸洗し酸洗直後 600°C で焼鈍してその狀況を觀察した。

第4表

試料記號	焼入 (W.Q.)	焼戻 (A.T.)	酸洗時間	後處理	抗張力		伸%	絞%	破面狀況
					kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²			
B111	880°C	なし	8H	直ちに	49.1		3	3	白點狀缺陷あり
B112	"	100°C	"	"	59.8		0	1	
B113	"	200°C	"	600	61.2		1	2	
B114	"	300°C	"	°C	69.5		1	0.5	
B115	"	400°C	"	で焼鈍	86.4	76.5	5	8	
B116	"	500°C	"	"	92.8	81.0	12	22	なし (破面不良)
B117	"	600°C	"	"	90.6	77.0	20	46	
B118	"	700°C	"	"	81.3	68.0	28	60	" (菊目狀)

第9圖 酸洗中に發生する白點狀缺陷と焼戻温度との關係 (B鋼, 880°C 水焼入 1時間 空氣焼戻)



焼戻温度 100 200 300 400 500 600 700°C 焼戻せず

その結果は第4表にその破面は第9圖に示した通りであつて、700°C 焼戻の場合を除いて何れもその影響は現はれるが應力-歪曲線の形、破面上の白點狀缺陷が焼戻温度によつて著しく異なる。これより焼戻による焼入残留應力の減少、組織の變化等が白點狀缺陷の發生に及ぼす影響が確認される。

(7) 焼入試料の酸洗に對する酸洗時間の影響
前述の残留應力の大きさと關聯して水焼入試料を種々の時間で酸洗し酸洗時間の白點狀缺陷發生に及ぼす影響を調べた。

第5表

試料記號	酸洗時間	抗張力 kg/mm ²	伸%	絞%
B 119	30分	91.6	8	14
B 120	1時間	85.8	6	9
B 121	2 "	78.0	3	5
B 122	4 "	56.1	2	2
B 123	6 "	70.4	4	6
B 124	8 "	48.3	2	1
B 125	20 "	59.9	2	4

その結果は第5表及び第10圖に示した通りである。即ち酸洗時間の短い間は酸洗時間の延長と共に白點狀

第10圖 焼入試料の酸洗と酸洗時間との關係 (B鋼)



缺陷は大きくなり又内部に侵入するが或程度以上は擴大もせず又内部にも入らなくなる。本實驗ではその時間は4時間である。之の點は(1)と異なる點で(1)の場合には内部にも發生する事のあるのに對し、之の場合には外側に限られてゐることは既述の白點狀缺陷の發生には一定方向の張力の必要を物語ると共に之の附近に残留應力の方向の變化する zone のある事を示すものと思われる。これは從來の残留應力に關する研究結果と一致して興味深い。

IV. 結果の考察

構造用特殊鋼に關する實驗は以上の外衝撃試験、應力下に於る酸洗試験、試験片に或る歪を興へた場合の酸洗試験、切欠附抗張試験片による酸洗試験等を行つてゐるが之等の結果は他の鋼種と共に特殊試験結果として報告するとして本報では以上の抗張屈曲試験の結果中後報の白點狀缺陷の發生機構の検討に特に關係ありと考へられる點を簡単に總括したい。

(1) 構造用特殊鋼を FeS で飽和した稀硫酸中で電解或ひは酸洗すれば著しい脆化を起し破断面に白點狀缺陷を發生する。これは熱處理によつて多少變るが銀白點に類似した形態を持つてゐる。

(2) 之の際の脆化及び白點狀缺陷の熱處理による變化は次の通りである。油焼入及び水焼入の状態並びに 400°C 以下の低温焼戻の場合には酸洗途上に割れが發生しこれは焼戻温度の上昇と共に小さくなる。之の際降伏點は消失し抗張力は低下する。500°C 以上の焼戻の場合には酸洗途上では白點狀缺陷は發生しないがその萌芽と考へらるべきものが存在しそれは何れも試験片の特定の位置に酸洗途上に發生して居りそれが切斷の際白點狀缺陷となる。白點狀缺陷は試験片の内部にも發生し得るが一般には外側に多い。尙この際抗張力は幾分減少するが温度が高くなるに従つてその傾向を減じ 700°C に達すれば殆んど變化は見られない。降伏點は一般に幾分増加の傾向が見られる。又焼戻温度が 700°C に達すると白點狀缺陷は小さく且發生し難くなる。

(3) 焼入状態の酸洗では酸洗時間が長くなると或程度迄大きくなり内部に進行するが或程度以上は大き

くならない。又屈曲試験片では屈曲の際張力の働く部分に白點狀缺陷が発生し壓縮力の働く部分には発生しない。これは明らかに白點狀缺陷の発生には張力の必要な事を物語るものである。即ち本實驗より白點狀缺陷発生には水素による應中と外部張力との協同が必要であることが推定される。

(4) 酸洗時間が著しく長くなれば表面が侵蝕され白點狀缺陷を表はす點が特に強く侵蝕されて試験片上に認められる様になり次第にその部分が點蝕となり内部に層狀割れを發生する様になる。この場合には寧ろ白點は發生し難くなるがこの層狀割れは白點狀缺陷とは

全く別個のものである。

(5) 白點狀缺陷發生部が特に侵蝕され易い事は之の部分に galvanic action が作用してゐると考へることが出來、逆に酸洗の際電氣双極子となり易い部分が白點狀缺陷の核となると考へる事も出来る。

V. 結 語

本報は白點狀缺陷の發生機構探究の一環をなす構造用特殊鋼の酸洗の結果であるが之れより得られた結果は後報と相俟つて考察することとし本報は唯實驚的事實を報告するに止めて置く。(昭. 21. 12月寄稿)

1) 三井三郎: 日本金屬學會誌 7 (1943) 67, 124, 152.

高速度工具に關する研究(VII)

(昭和 17 年 4 月本會講演大會講演)

堀 田 秀 次*

STUDY ON THE HIGH SPEED TOOLS. (VII)

Hideji Hotta

Synopsis:— Investigations have been made by the author on the relation between the machinability and the angles of chips of 18-4-1 standard high speed steel.

Influence of the viscosity and cooling velocity of liquids for cutting metals on the abrasion and machinability of the standard high speed steel have been studied.

I. 緒 言

著者は高速度工具に關する研究として、既往に於て種々の研究發表を行ひ、^{(1)~(5)}又之が研究の第6報としては既に燒結工具と高速度鋼に及ぼすガスの影響並に高速度鋼に及ぼすクロム鍍金の影響に就て述べたのであるが、本報文では引續き第7報として主として、高速度鋼に及ぼす刃先角度並に切削用液の影響等に就て研究を行つた結果、所期の成果を収め得たので、茲に之が研究の經過並に成績の概要を記述することとした。加工能率増進上多少の参考ともなれば幸甚と存する次第である。

II. 研究の經過並に成績の概要

第1實驗 高速度鋼に及ぼす刃先角度の影響

(1) 試料の調製: 高速度鋼に及ぼす刃先角度の影響に就ては從來研究せられたものがあるが、^{(6),(7)}著者は之が試験の爲、50kg 高周波爐で50kg 容量の18-4-1標準型高速度鋼塊1本を熔製した。本鋼塊を25×25×200mm の寸法に鍛延し、刃先部を火造した。本材は900°C 爐冷後、1300°C 油冷、500°C 石灰冷の熱處理を施した。

(2) 刃先角度の種類: 試験用高速度鋼の刃先角度は第1表に示す通り26種の形態のものにして、刃先角の名稱は第1圖並に次の通である。

(イ) 切削角 (95°, 90°, 84°, 80°及び70°)

(ロ) 前面間隙角 (15°, 10°, 6°, 4°及び2°)

(ハ) 横 角 (30°, 20°, 15°, 10°, 5°及び2°)

(ニ) 横逃ゲ角 (20°, 15°, 10°, 5°及び2°)

(ホ) 横間隙角 (15°, 10°, 6°, 4°及び2°)

(3) 硬度試験: 各バイトの熱處理後の刃先硬度を測定した結果はロックウエルCスケール硬度で62.4~64.1の間にして、大なるバラツキなきものを使用した。

(4) 切削試験成績並に考察: 次の要領で切削實用試験を施行した。

切削速度 15m/min 切込2mm 送り1mm

被削材料・至約500mmの高張力Ni-Cr-Mo鋼(抗張力96.7kg/mm²; 伸21.3%)。

使用旋盤・アームストロングウイットホース社製60馬力直結型(床長23呎 心高18吋)。

* 岡野バルブ製造株式會社行橋工場 研究課長 工學博士