

ち荷重はしゅん間的に降下してその途中クラック伝播が阻止されることはない。

IV. 総 括

0.4% C 炭素鋼を 850°C より焼入し 600°, 700°C にそれぞれ焼戻したのち衝撃引張試験を低温で行ないつぎのごとき結論を得た。

1) 同一の焼戻時間では 700°C 焼戻しの方が 600°C 焼戻の場合より引張諸性質の変化が小さい。特に伸び、断面収縮率の変化が小さい。

2) いずれの処理をせる鋼においても常温では変形速度を増すと諸性質は同様の傾向にしたがって変化する。

3) 温度低下による抗張力の増加はいちじるしく -195°C においては常温における抗張力の約 1.6 倍の値に達する。1°C の温度低下は約 0.24 kg/mm² の抗張力増加をもたらす。

620.192.43:669.14-139
P.588~590 No.62139
(144) 鍛造品の白点状内部欠陥に関する一考察
No.62144

日本特殊鋼

工博○沢 繁樹・小野 清雄

A Consideration on Flaky Internal Flaw of Forgings.

Dr. Shigeki SAWA and Kiyoo ONO.

I. 緒 言

近年真空鑄造法の採用によつて、大型鍛造品の白点状内部欠陥に接する機会は稀になつたが、大気中鑄造時代に経験された白点状欠陥の中には、白点類似の性状を呈するにかかわらず、詳細に観察すると、水素析出圧説で説明される白点とは、その発生機構が異なると考えられるものが多いので、両者の代表的例につき相互に比較考察した。

II. SKT 5 型材に表われた内部亀裂

SKT 5 鍛造型材 400mm 粗角材に検出された内部亀裂は、典型的な白点と見做される。供試材は塩基性電弧炉製 8t 鋼塊より 400mm 粗角に鍛造、1/2 切断され、670°C、16h 保持、350°C まで放冷、350°C、24h 保持して放冷された。白点は鋼塊頭部相当位置に検出された。その特徴はつぎの通りである。

1) 供試材は全断面一様の硬度分布 (H_B 262~269) を示す。

2) 亀裂は入ないし輪帯ゴーストに随伴するものが多いが、鋼材中心域に集中分布し、亀裂の方向は多様である。

3) 亀裂を含む偏析部は Table 1 のごとく S の濃厚

偏析が認められ、その他の成分の偏析は僅少である。この目的のために製作した微小熱膨張計による測定では、変態点の相違も認められない。

4) ミクロ組織は局部的に少量の初析フェライトを含むほぼ共析組成の粒状および層状パーライト組織を示し、亀裂は硫化物を点綴し、部分的には Photo. 1 のごとく層状パーライトを突切っている。亀裂面は密接し、間隙は広い個所でも数 μ 以内である。

かかる白点は、鋼塊頭部に富化偏析した水素を主因とし、焼鈍以後常温において、水素の析出圧により破断したものと認められる。

III. SNCM 8 に表われた内部亀裂

供試材は塩基性電弧炉製 12t 鋼塊より鍛造された SNCM 8 ピニオン素材で最大径 530mm φ × 3,500mm ml の両端面より約 300mm を残してほぼ全長にわたつて内部亀裂が検出された。鍛造以降の熱履歴は、1,150°C 30mn 保持、850°C まで炉冷、350°C まで放冷、350°C 19h 保持、680°C 24h 保持、350°C まで放冷、350°C 19h 保持、放冷された。

亀裂の特徴はつぎの通りである。

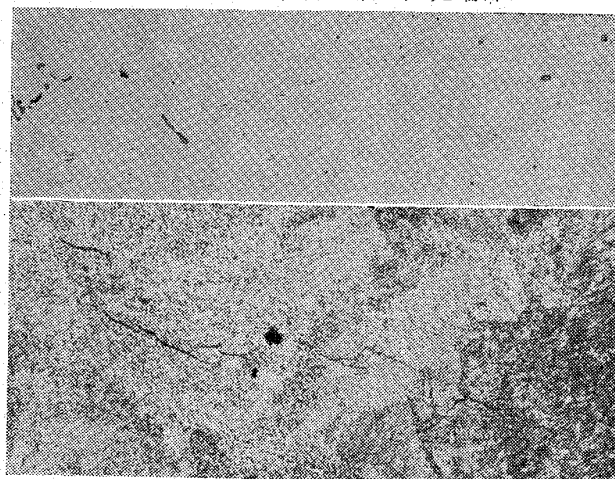
1) 亀裂は輪帯ゴースト部に点在する 2~5mm φ、長さ 15~30mm の濃厚偏析部に発生している。中心部および周辺部には亀裂がない (Photo. 2)。

2) 亀裂の方向は同心円方向に近く、半径方向のものは認められない。

3) 亀裂の破面は灰白色を呈する。

4) 亀裂は硫化物に沿い、間隙が広く 30 μ にも達する。

5) 亀裂はベイナイト粒界に沿い、先端部はベイナイ



Above = Unetched × 100(4/5)
Below = Nital-etched × 400(4/5)

Photo. 1. Microstructure of cracks in forging die steel SKT 5.

Table 1. Chemical composition (%) and transformation temperature (°C) of forging die steel.

Specimens	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac*	Ar*
Sound part n=20	0.53	0.015	0.016	0.26	0.80	1.20	0.077	0.35	0.17	752~778	684~657
Segregation part n=20	0.53	0.015	0.021	0.26	0.79	1.19	0.065	0.35	0.18	754~779	679~654

* Rate of cooling and heating.....0.7°C/mn.

ト針を貫くことも少数認められる (Photo. 3).

6) 供試材は断面一様に焼鈍されたベイナイト組織を

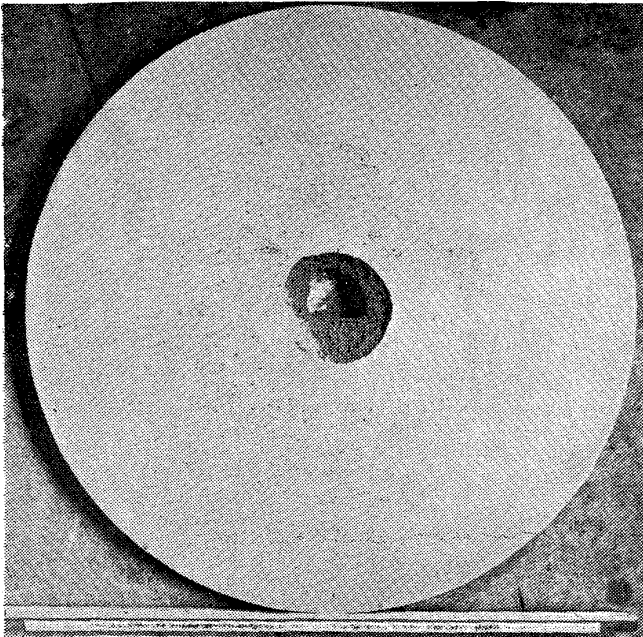
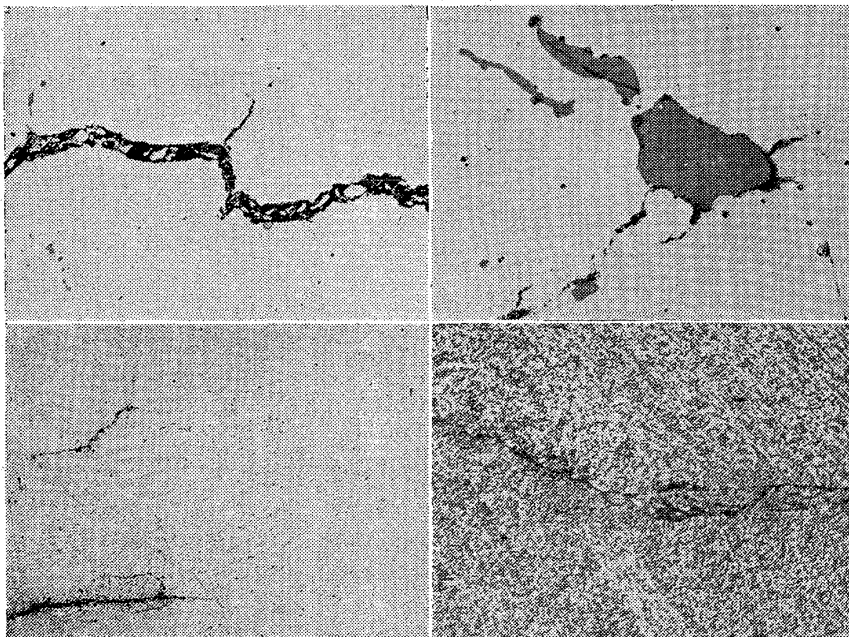


Photo. 2. Macrostructure of the cross section of a Ni-Cr-Mo steel (NCM 8) forging.



(Above=Unetched, right×400(2/3), left×100(2/3); below=Nital-etched, right×400(2/3), left×100(2/3))

Photo. 3. Microstructure of cracks in Ni-Cr-Mo steel SNCM 8.

示し、X線的には残留オーステナイトを認めず、硬度分布も H_B 217~223 の範囲で一様である。

7) 化学組成の偏析は、健全部は中心、周辺の差異を認めず、偏析部に P, S, Mo, Mn, Cr, Ni などの濃縮が認められる。(Table 2).

8) 中心部水素は 5.6 ppm, 外周にいたるほど減少し周辺にて 0.42 ppm, ゴースト帯に特異値を認めない。酸素および窒素値は、ゴースト帯とその外側とに不連続変化が認められる。

9) 微小熱膨脹計による変態点測定では Fig. 1 のごとく、健全部と偏析部の加熱変態点の差は $3^{\circ}C$ であるが、供試材の $850^{\circ}C$ より $350^{\circ}C$ までの放冷に見合う冷却速度では、冷却変態点は偏析部が約 $45^{\circ}C$ 低く表われる。

10) 常温引張試験にて供試材は十分の靱性をもつ。水素気流中にて $850^{\circ}C$ にオーステナイト化し、 $2^{\circ}C/mn$ にて冷却し、 $520^{\circ}C \sim 220^{\circ}C$ の所定温度に達したとき引張試験を行なうと、ベイナイト変態の進行とともに引張強さ、降伏点を高め、伸び、絞りを減ずる。また $350^{\circ}C$ に達したとき、 $350^{\circ}C$ に 5h 保持すると、試料は一層強く脆くなる。破断面は 45° の角度をとる (Table 3).

IV. 考 察

以上の観察並びにその他の付帯実験によつて、SNCM 8 ピニオン素材の内部亀裂は、SKT 3 の白点とは成因を異にすると考える。亀裂は鋼塊内に蔵する気泡性ないしキャビティ性濃厚偏析に端を発し、鍛造過程における未圧着の欠陥、 $850^{\circ}C$ より $350^{\circ}C$ まで放冷の際の熱応力と外周より逐次生成するベイナイト変態応力の重畳などが亀裂を同心円状に方向づけていると考える。濃厚偏析部の冷却変態温度がこれを囲む部分より遥かに低いこと、および変態後のベイナイトの降伏強さが変態前のオーステナイトの引張強さより遥かに高いことは、濃厚偏析部周辺域の冷却変態直後の体積膨脹による応力が、過半が未変態の濃厚偏析部を破断するに足ることを示すものである。亀裂の延長に少数認められるベイナイト針の破断は、亀裂の主体の生成に付帯して生じたもので、SKT 5 のパーライト粒内亀裂のような決定的意義をもつとは認め難い。鋼中水素は鋼塊内の濃厚偏析の形

Table 2. Chemical composition (%) of Ni-Cr-Mo steel forging.

Specimens	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu
Sound parts $n=27$	0.41~0.42	0.016~ 0.017	0.016	0.28~0.32	0.70~0.78	0.80~0.85	1.70~1.83	0.20~0.27	0.18~0.22
Segregation parts $n=45$	0.41	0.019	0.018	0.30~0.39	0.71~0.99	0.80~1.02	1.70~1.96	0.22~0.42	0.17~0.23

Note: Si, Mn, Cr, Ni, Mo and Cu were spectrometrically determined with a W-needle pole. The spark diameter was less than 1.2mm.

Table 3. Mechanical properties of SNCM 8 Ni-Cr-Mo steel. Specimens were heated at 850°C, then drawn to the testing temperature, at the cooling rate of 2°C/mn.

Testing temp. °C	Creep strength kg/mm ²	Tensile strength kg/mm ²	Elongation %	Reduction of area %
520	34.6	39.8	47.2	81.9
470	46.6	52.8	30.0	64.9
420	46.0	55.1	21.4	46.1
370	88.4	98.8	15.0	29.9
320	83.6	91.8	13.0	36.0
270	100.7	102.9	12.2	17.9
220	96.8	104.0	8.7	15.8
350×5 h	95.6	102.9	10.3	15.7
Not treated	69.8	75.4	20.3	47.0

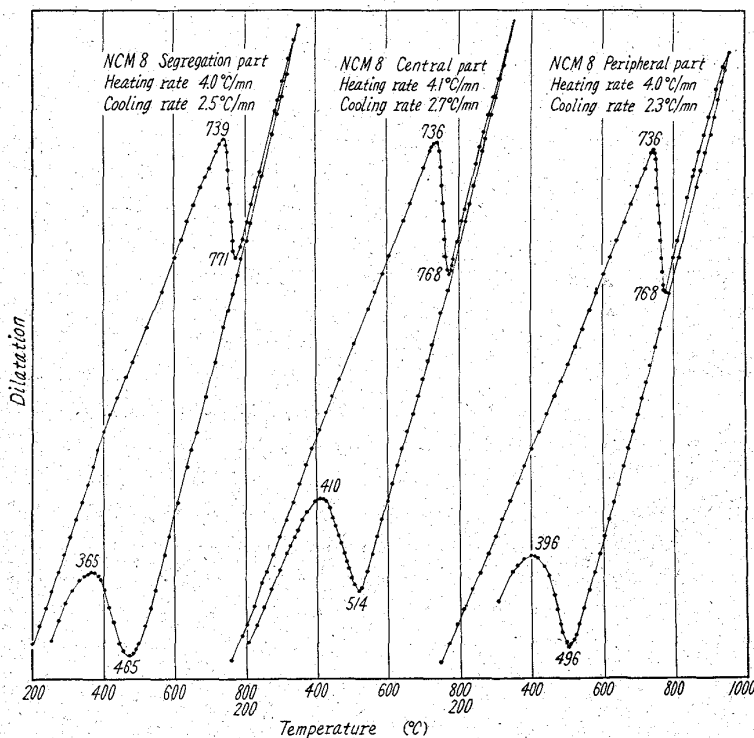


Fig. 1. Thermal dilatation curves of specimens (4mm φ × 15mm l) of a Ni-Cr-Mo steel NCM 8 forging.

板を得る要因としては、酸可溶 Al および窒素含有量、熱延における冷却速度、および冷延後焼鈍における昇熱速度が主要なものである。本報は上記主要因のうち、酸可溶 Al 含有量の材質におよぼす影響について示す。

II. 実験要領

種々の酸可溶 Al 含有量の冷延鋼板をつぎの要領にしたがつて製作した。

1) 熔製: 3t エル式電気炉により溶解し、Al 投入量を変化せしめて上注法により 1 ヒートから 1 鋼塊 (単重 3,300 kg), 計 10 鋼塊を作製した。成分目標は P < 0.030%, 0.25% ≤ Mn ≤ 0.40%, S < 0.025%, C < 0.1% とした。

2) 圧延: 上記鋼塊をキルド鋼の通常の作業条件にしたがつて分塊、熱延、酸洗、冷延、焼鈍、調質圧延をおこない、1mm 厚の成品にした。

3) 試験項目: かくして得た冷延薄板において鋼塊の T, M, B に相当する部分より試料を採取し、チェック分析、引張試験 (5号試験片使用)、コニカル・カップ試験 (I 型コニカル・カップ・テスター, 60mm φ ブランク使用)、エリクセン試験、硬度試験 (ロックウエル 30T)、顕微鏡組織検鏡の諸試験を行なった。

III. 実験結果および考察

前記のごとき成分目標としたが、チェック分析の結果は相当の変動あり、C は 0.04~0.13%, Si は 0.007~0.042%, P は 0.003~0.032% の間にばらつき、目的の酸可溶 Al は 0.004~0.089% の間に分布している。これら成分が各種機械的性質にどのような影響をおよぼしているかを見るために T, M, B を層別せずに各成分と機械的性質の関係をプロットしてみると、C, Si, P などについては明瞭な関係は見られなかったが、酸可溶 Al については 0.02% 以下と以上との間に明瞭な差があることが認められた。一例として C.C.V と酸可溶 Al の関係を示すと、Fig. 1 のごとくなる、すなわち C.C.V. は酸可溶 Al の増加するにしたがつて急激に減少し、ある点で最低値を示し後はきわめてわずかに上昇するような傾向を示す。この最低値を示す酸可溶 Al の量は 0.016~0.025% の間に分析値が存在しないので明確にはいえないが、大略 0.025~0.035% 付近にあると思われる。この酸可溶 Al 含有量を境にしての極端な差の存在は他の機械的性質についても存在し、これ以下にお

成に寄与し、内部亀裂の間接的要因をなすものと思われる。

669.141.241.2:669.14+22.2
:669.71:543,722 2062/45

(145) 冷延軟鋼板の材質におよぼす酸可溶 Al 含有量の影響について

富士製鉄広畑製鉄所

花井 諭

Effect of Acid-Soluble Aluminium Content on Properties of Cold-Rolled Sheets of Mild Steels.

Satoshi HANAI.

I. 緒 言

冷延アルミ・キルド深絞り用薄板は、その結晶粒がいわゆるパンケーキ状になっているために良好な加工性を有しており、そのような延伸粒を有する顕微鏡組織の薄