

(97) 高硫黄含有鋼中の硫化物の加工による変形について

大同製鋼研究所 加藤 剛 志

On the Deformation of Sulfides in High-Sulphur Steels by Working.

Kōshi KATŌ

I. 緒 言

硫黄快削鋼，超快削鋼のように材料の被切削性向上の目的で硫黄を添加した鋼には多量の硫化物が存在している。その硫化物の大きさ，形，分布状態などが被切削性に影響すること，また，加工によつて硫化物が伸びた方向と平行および直角方向において材料の機械的性質が異なることなどが問題となつている。このような硫化物の本質を調査する一環としてまず比較的単純な高硫黄含有鋼を溶製しその硫化物の形態，鋼の加工過程における硫化物の変化などについて調査した。

II. 実験試料

実験用の材料の溶製にさいし，硫化物の挙動に顕著な影響をおよぼすと考えられる因子として，広く使用されている Al または Si などの脱酸剤元素，硫化物の組成を左右する Mn/S 比および鋼の脱酸程度，すなわち酸素含有量などを取り上げ，小型の雰囲気調整高周波誘導炉

を用いて約 7kg の鋼塊を溶製した。実験試料作成上の要点はつぎのとおりである。①電解鉄を原料とし真空中で炭素による脱酸を行なつた後，溶湯に S と Mn の量をいろいろ変化させて添加し，酸素含有量のごく少ない状態における Mn/S 比の異なる試料，②，①の状態において Al または Si をやや多量に添加した試料，③電解鉄を脱酸しないで S と Mn のみを添加した試料

以上のごとくにして得られた各鋼塊試料の化学成分を Table 1 に示す。

III. 実験方法および実験結果

(1) 高温加工(鍛造)による硫化物の変形

各鋼塊試料につき，それぞれ 1150°C で 30 分加熱後加工比 8 になるように鍛造して 20mm 丸棒とした。鍛造によつて各試料中の硫化物は Fig. 1 の例に示すように始め鋼塊中ではほとんど丸い粒状を示したものが鍛造によつて多かれ少なかれいずれも鍛伸方向に伸びた。これを各試料について定量的に求めて比較するために Mn/S 比の違い，O 含有量の違いおよび Si または Al の添加などをパラメーターとし，それぞれ三コずつの試料を選んで鋼塊および鍛造試料中の硫化物の長さとの比を測定した。測定倍率は 250 倍，視野数は at random に 40 視野を選び，測定硫化物の個数はそれぞれ約 160 コである。その結果を Table 2 に示す。これによると，

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Sample No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sol. Al	Insol. Al	O	Mn/S
599	0.03	0.02	0.23	0.007	0.136	0.01	tr.	tr.	<0.002	<0.002	0.0025	1.69
602	0.04	0.03	1.38	0.008	0.137	tr.	tr.	tr.	<0.002	<0.002	0.0060	10.07
605	0.04	0.45	1.21	0.009	0.134	tr.	tr.	tr.	<0.002	<0.002	0.0040	9.03
625	0.01	0.02	1.47	0.002	0.420	0.01	tr.	tr.	<0.002	<0.002	0.0131	3.50
629	0.01	0.02	3.34	0.004	0.500	0.01	0.03	0.06	<0.002	<0.002	0.0036	6.70
630	0.03	0.02	1.78	0.004	0.708	0.01	0.02	tr.	0.44	<0.002	0.0032	2.51
650	0.01	0.02	1.33	0.001	0.354	0.02	0.02	tr.	0.002	<0.002	0.0198	3.76
651	0.01	0.02	1.47	0.001	0.409	0.01	0.02	tr.	<0.002	<0.002	0.0246	3.59

Table 2. The ratio of length and width of the sulfides in ingots and forged specimens.

Parameter	Sample No.	Mn/S ratio	O%	Si%	Al%	Mean L/W ratio	
						Ingot	As forged
Mn/S ratio	625	3.50	0.0131	—	—	1.36	3.24
	629	6.70	0.0036	—	—	2.70	4.11
	602	10.07	0.0060	—	—	1.34	6.48
O%	625	3.50	0.0131	—	—	1.36	3.24
	650	3.76	0.0198	—	—	1.40	2.72
	651	3.59	0.0246	—	—	1.33	2.55
Si or Al%	629	6.70	0.0036	—	—	2.70	4.11
	630	2.51	0.0032	—	0.44	2.18	14.71
	605	9.03	0.0040	0.45	—	1.20	10.32

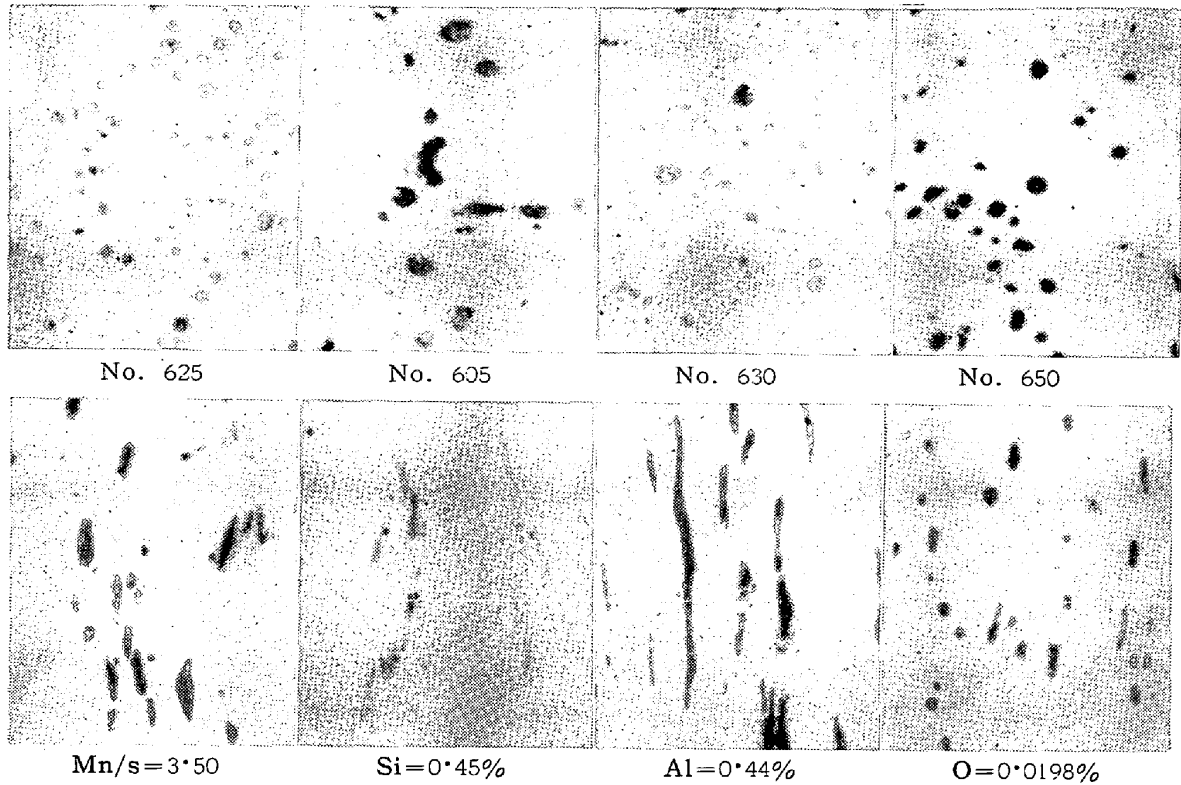


Fig. 1. Change of sulfide particles by forging. $\times 540$ ($3/5$)

Table 3. The change on the ratio of length and width of the sulfides by drawing.

Parameters	Sample No.	Mn/S ratio	O%	Si%	Al%	Mean L/W ratio		
						Sample size	20 ϕ , 680°C \times 5 h FC	As-drawn
O%	625	3.50	0.0131	—	—	16 ϕ	3.39	3.45
	650	3.76	0.0198	—	—	"	2.76	3.09
Si%	602	10.07	0.0060	—	—	11.5	6.46	7.20
	605	9.03	0.0040	0.45	—	"	14.23	19.73
Al%	599	1.69	0.0025	—	—	13	3.97	4.76
	630	2.51	0.0032	—	.44	"	14.74	16.73

① Mn/S 比が大になるほど鍛造によつて硫化物は伸びやすくなる。② O含有量が増すと (Mn/S 比は同じ) 若干伸び難くなる。ただし、ここではOの存在状態についてはふれない。また炭素で脱酸してある材料に比べると伸び方は2/3以下である。③ AlまたはSiが含まれた試料ではきわめて伸びやすい。その伸び方はMn/S比の増大による伸び率よりはるかに大きいなどのことが認められた。

(2) 冷間加工(引抜き)による硫化物の変形

前項で鍛造した各試料について窒素雰囲気中、680°Cで5h加熱、炉冷してから表面の酸化膜を除去し、冷間引抜きを行なった。材料が切断するまで続けた。その後、前と同じパラメーターによりそれぞれ二つの試料を選び同じ方法で硫化物の長さとの比を測定した。比較試料

の測定は同一寸法のところで行なつた。この結果をTable 3に示す。

なお鋼塊から鍛造状態さらに引抜き加工後の状態における硫化物の長さとの比の各試料における個数分布の例をFig. 2 A, B およびCに図示した。これらの結果によると①冷間加工により硫化物はさらに若干伸びる。②その伸び率は鋼塊→鍛造の場合に比べて小さい。③冷間引抜きによる伸びはO含有量の高いNo. 625, 650では小さく、O含有量が少なく、SiあるいはAlを含む場合は大きい。④長さ/巾比の個数分布によるとSiあるいはAlを含有するものは加工状態で長/巾5以下のものが1割以下であるのに対しO含有量の高いものは8~9割あるなどのことが認められた。

(3) 鍛伸方向および直角方向の機械的性質

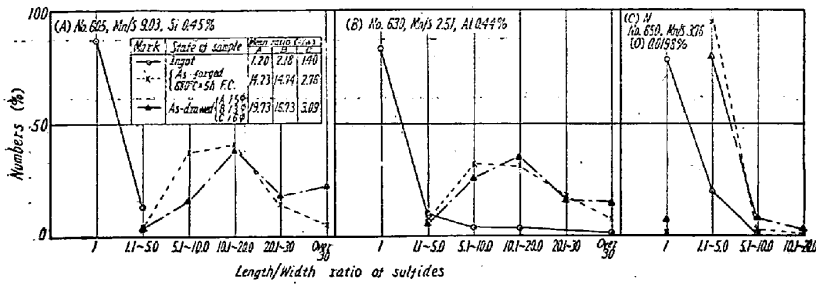


Fig. 2. The change in the ratio of length and width of sulfides by working.

Table 4. Impact values at right angles and parallel to forging direction.

Sample No.	Mn/S	Al%	Si%	Charpy test		
				* Impact value kg-m/cm ²	Hardness B	
720	3.08	—	0.54	P	6.4, 6.0	130, 132
				R	2.5, 1.6	132, 134
721	3.41	—	—	P	8.0, 7.7	107, 99
				R	2.2, 3.9	103, 103
722	3.15	0.34	—	P	13.6, 17.8	124, 120
				R	1.4, 1.4	116, 122

* P = parallel to forging direction
R = right angle to forging direction

Al あるいは Si を添加した試料および添加しない試料を上と同じ要領で作製し、鍛伸方向および直角方向に試片を切り出し、シャルピー衝撃試験を行なった。その結果を Table 4 に示す。なお、各試片はあらかじめ、500°C × 1h の熱処理を施した。この結果によると Si を添加した No. 720 および Al を添加した No. 722 においては鍛伸方向に対して直角方向の衝撃値がそれぞれ 1/3 および 1/10 以下であり、かつその数値もこれらの元素を添加してない。No. 721 の 3.1 kg/cm² (平均値) よりいずれも小さい。とくに Al 添加試料の衝撃値は直角方向試片においていちじるしく悪い。しかし、縦方向試片の値は非常に大きい。以上の結果は各試料の硫化物の伸び方に関係があることが推定される。

IV. 総括および結言

以上の実験結果から O の存在は鋼中硫化物の加工による変形を少なくする傾向があり、逆に Al, Si などの脱酸性元素の過剰の存在は非常に硫化物を変形しやすくする。また Mn/S 比の増大も若干この傾向を示す。このように変形しやすい硫化物をもつた材料の縦、横方向の機械的性質の差は大きいなどのことがわかった。したがって快削鋼のような高硫黄含有鋼の溶製に当っては Al, Si などの脱酸剤の適量使用、脱酸程度の考慮、Mn/S 比の適当範囲などについて充分な考慮を払うことが大切である。

(98) 高温における鋼の振り加工限度について

日本鋼管技術研究所

両角不二雄

On the Workability of Steel Tested by Hot-Torsion Method.

Fujio MOROZUMI

I. 緒言

高温振り試験をおこなつた試片のうち、とくに圧延に際し疵が発生し加工が困難と考えられる材料では破断部以外でも亀裂を生じているものも多く、その部分は破断前すでに極限強さに達しているものと思われるが、破断回転数をもつて加工性を判断する方法では、この疵の発生時期およびその時の応力を正確に知ることができない。これらに関し著者は疵の発生に対しては応力の要因が当然含まれるものと解釈し、この面から検討すべきものと考えた。その一つの方法として試験の際、軸方向に生ずる二次引張応力に着目し検討した。その大要についてはすでに報告(鉄鋼協会第 59 回講演大会)したが、この検討過程で二次引張応力は疵の発生に基づく振り加工限度に対し重要な因子になることが認められたので、引き続きその特性および振り加工限度との関係について二、三の実験を試み考察した。

II. 実験方法

Table 1 に示す試料を用い、熱間振り試験機に張力測定子を取りつけ実験した。

III. 実験結果

1. 二次引張応力の発生時期の検討

炭素鋼 (A-1)、18-8 ステンレス鋼 (A-3) および 18-8 Nb ステンレス鋼 (A-4) の試験片を 900°C ~ 1300°C の温度範囲で振り、二次引張応力の発生時期について検討した。二次引張応力が発生しはじめる時期を捻回数(n)で示すと、その値は温度および材質によつて異なり、同一試料では温度が高いほどわずかな捻回数でも現われる。またこの発生時期と歪速度の関係について検討したが、対象とした歪速度 1.4 ~ 42.5 s⁻¹ の範囲では歪速度の上昇にしたがつて捻回数(n)は多少増加の傾向を示すが、約 20 s⁻¹ 以上ではほとんど一定となることが確められた。なお発生時期と試験片形状の関係について検討した結果によると二次引張応力は試験部の長さが短かいほど早く発生し、長さが一定の場合は径が細いほどこの発生時期は遅い。これらの結果から考えると高温に