

(91) 鋼の引張り変形時における介在物の挙動についての二、三の観察結果

住友金属工業，製鋼所 工 岡 田 隆 保
Some Observation on the Behavior of Non-Metallic Inclusions in Steel during Tensile Testing.

Takayasu Okada.

I. 緒 言

鋼中非金属介在物の強度におよぼす影響については、すでにいろいろの角度から検討が行われているが、地の組織、介在物、対象とする試験およびそれらの相互関係の多様性、また鋼材内部におけるその挙動の直接観察の困難といった問題のために、個々の実験事実の統一ある評価は十分に行われているとはいえないように思われる。したがって、これを可能ならしめるような方法によつて実験を進めることが重要なことはいうまでもないが、同時に、現状ではさらに多くの個々の観察例を集積することも意味のあることと考えられる。また従来の研究においては、介在物自体の挙動を観察しているものは比較的少ないと思われるので、ここでは引張り変形時における介在物の挙動についての二、三の観察結果を述べたい。

II. 供試材，実験方法

供試材はその化学成分を Table 1 に示した塩基性電弧炉製の鍛造材である。これらの供試材より A, B については巾 8・0×厚さ 5・0mm, C については巾 6・0×厚さ 4・5mm の板抗張試験片を作製し、その片面を研磨しておいて、適当な引張り荷重を与えるごとに、この面上の介在物を顕微鏡により観察して、地と介在物の変形状態について調べた。歪みの測定は、30mm の標点間隔のケガキ法によつたが、さらに介在物近傍の歪みを微小硬度圧痕による標点で検討した。Table 2 に各鋼の熱処理、組織、硬度、観察介在物について示してある。なお、介在物の分類は顕微鏡的観察によつたもので、その組成についての確認は行なっていない。また引張り方向は主として介在物の長さの方向に対して直角となつてはいるがそのずれは最大約 10° であつた。

III. 実験結果

Table 2 に各試験時の二、三の応力歪みの値を併記してあるが、これらの変形中に観察された各種介在物の挙動のうち、二、三の注目される点について述べれば次のようである。

いずれの鋼種、介在物においても、試験片の永久歪み（以下歪みという）が 0・1% 以下の応力では、介在物およびその周囲に変化を認めることはできなかつた。

歪みが 0・1% 以上になる応力下では sulphide 系介在物は、その尖端に割れを発生し、同時に地との境界にお

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
A	0・10	0・32	0・49	0・010	0・007	0・05	2・22	0・90
B	0・22	0・24	0・53	0・012	0・012	0・14	—	—
C	0・46	0・29	0・55	0・009	0・008	0・13	—	—

Table 2. Heat treatments, types of inclusions and some stress-strain values of specimens.

Steel	Heat treatment	Microstructure*	Types of inclusions	Hardness (B. H. N.)	Direction	Stress-strain values			
						0・1%	0・2%	1・0%	5・0%
A	Normalized, tempered	Tempered (F+B)	Silicate	150	Transverse	kg/mm ² 28・8	kg/mm ² 30・6	kg/mm ² 35・0	kg/mm ² 47・0
	930°C → O. Q.	M	〃	350	〃	71・0	86・0	112・0	122・0
B	Normalized	Banded (F+P)	Silicate, sulphide	130	〃	19・5	21・0	24・6	39・0
	〃	〃	〃	〃	Longitudinal	20・0	21・3	24・6	38・0
C	Normalized	F(Net)+P	Silicate, sulphide, alumina	210	Transverse	31・0	32・2	42・0	64・5
	870°C → O. Q., Tempered	Tempered M	Sulphide	440	〃	138・0	141・0	0・5% 145・5	—

* F; Ferrite, P; Pearlite, B; Bainite, M; Martensite.

いて分離を示すものが多く、歪みが増すとともに分離部は空隙となつて拡大する。この割れを発生する歪の量は地と組織、硬度および介在物の形状によつて多少異なる。この一例を Photo. 1 (a) に示してある。

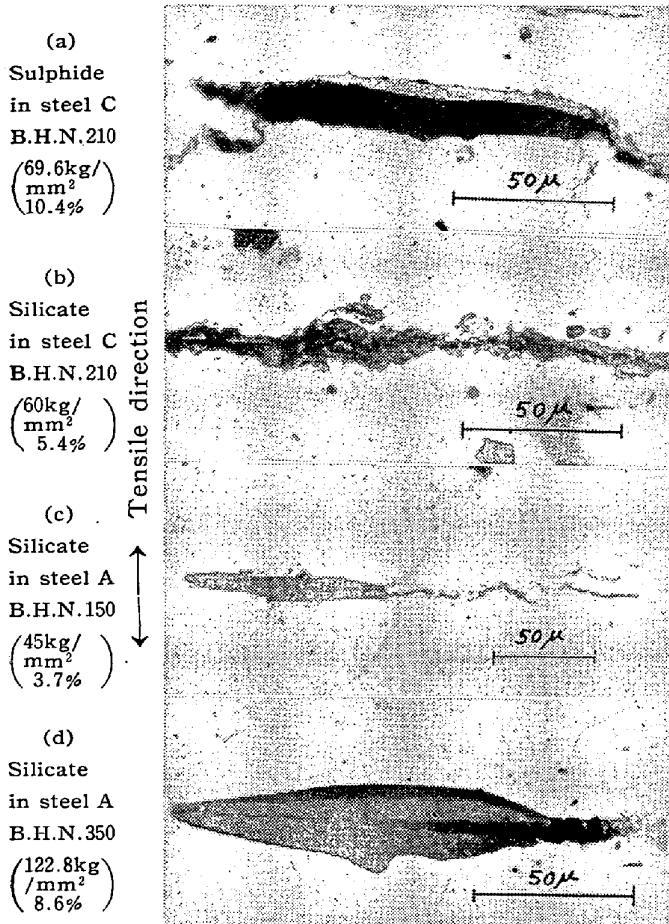


Photo. 1. Photomicrographs of some inclusion parts after giving indicated stress-strains.

Silicate 系介在物では、Aの焼入材を除いて、その大部分は 0.1~0.5% の歪みで、その尖端の割れとともに、介在物内部に割れを発生し、歪みが増すとともに、この割れが空隙として拡大する。Photo. 1 (b), (c) にこの一例を示してあるが、介在物は中央より割れて、両壁に固着している。ここで silicate 系介在物として一括分類したものも、鋼種によつて多少の差があるが、介在物内における割れ発生は共通な点として認められた。鋼Aの焼入材の場合には、介在物内で割れを発生するもの

割合が減少し、sulphide 系介在物と同様に、地との境界で分離するものがかなり認められ、また最初、内部で割れたものも、歪みがさらに大きくなると境界で新たに分離を生ずるものがあることが認められた。この一例を Photo. 1 (d) に示してある。また Table 3 に鋼Aの高低両硬度状態で観察された介在物内の割れ、境界での分離、この両者を伴うものの割合を示した。

これらのことより、鋼Aの焼入材にはやや複雑な挙動が認められたが、silicate 系介在物は、その内部で割れを発生する点が sulphide 系介在物と異つてのように考えられる。このような両介在物における挙動の差は、地に対する介在物の固着力と介在物自体の強度の相対的關係、ならびに地と介在物の変形能の關係によつて定まるものと考えられ、とくに注目される点であろう。

Alumina 系介在物では、それが粒状でかつ小さいために、介在物間を連なる割れが認められる以外いちじるしい特徴は認められなかつた。

次に介在物近傍の歪みは、変形のあまり認められない、介在物を直径とする円形域を除いては、30mm標点の値とほぼ同じであつた。また介在物をその間に狭む微小標点間の歪みは、30mm標点の値よりも大きく、空隙としての挙動がこのことから推察される。

以上は表面に存在する介在物の挙動であるが、さらに 1, 2のものについて、破断後、試験片を縦断して、内部の変形状態について観察した。内部では、介在物およびその周囲に変化の認められるのは主として、局部的絞りの発生した破断位置近傍のみで、この点で表面とは異つているが、鋼Aの silicate 系介在物Xは表面に存在する場合と同じく、介在物内部で割れているのが確認された。

以上、2, 3の実用鋼中に認められた介在物の引張り変形時の挙動の観察結果を述べたが、ここで各種別一括した介在物も、必ずしも同一組成ではなく、また種別間における挙動の比較、強度との対応性などを検討するには、その形状、分布、地の状態などについてさらに調査を行うべきであり、今後このような観察例を蓄積するとともに、系統的な調査をも進めたいと考えている。

Table 3. Ratio of inclusions separated at inclusion-matrix boundary and cracked in inclusions.

Steel A specimen hardness	Separated at inclusion-matrix boundary	Cracked in inclusion	Accompanied with both boundary and internal cracks
B. H. N. 150	12/92 (13%)	67/92 (73%)	13/92 (14%)
B. H. N. 350	37/107 (35%)	38/107 (35%)	32/107 (30%)