

果は Table 1 であつて Fig. 4 に各試験温度別に含有量とフェライト強化度の関係を示したが、どの場合も Mo が特に優れしかも含有量の多い程フェライト強化度が大きである。

(2) マルテンサイト強化度について

焼入れ試料を高温引張り試験した結果は Table 2 であつて、Fig. 5 に各試験温度別に含有元素量とマルテンサイト強化度の関係を示した。

各元素含有量の多い程熱間強度は高いが、W は Cr, Mo に比較して強度増加量は比較的少ない。500°C 以上の高温において Mo はきわめて高強度を有しており、これは焼戻軟化抵抗が Cr, W に比較して優れている事とよく対応する。

#### 5. 熱間衝撃試験

焼入れ試料を 400°C ~ 650°C に保持して高温衝撃試験を行なつた結果によれば、500°C 迄は何れの鋼種も大差ないが、550°C 以上では Cr, Mo はやや靱性の回復がみられる。W は 600°C 迄はほとんど回復せずこれを越えると急激に回復し Cr, Mo より寧ろ高値を示した。含有量の影響は Cr の場合ほとんどないが、Mo, W では含有量が増加すると靱性の回復がおくれるようであつて、この事は焼戻温度の高温側で Mo, W が Cr よりも軟化抵抗が大である事とよく対応する。

#### IV. 結 言

以上の実験結果を総括すれば次の通りである。

- (1) 各元素共 3% 以下において含有量の増加に伴つて加熱変態点が上昇する。
- (2) 各元素共 850°C ~ 900°C で最高焼入れ硬度を示した。
- (3) 焼戻硬さにおよぼす影響は Cr, Mo, W 何れも焼戻軟化抵抗を有し、特に Mo の影響は顕著で 2% 以上含有すると 600°C において二次硬化を示す。
- (4) 熱間引張り強さはフェライト強度並びにマルテンサイト強度の何れに対しても Mo はきわめて有効な強化元素である。
- (5) 熱間衝撃値は合金元素添加により何れもベースよりも低値になる。しかし 600°C を越えると靱性が幾分回復して来る。Cr に比較して Mo, W は含有量が増加すると 600°C 以上の靱性回復が遅れ、焼戻軟化抵抗の傾向とよく対応する。

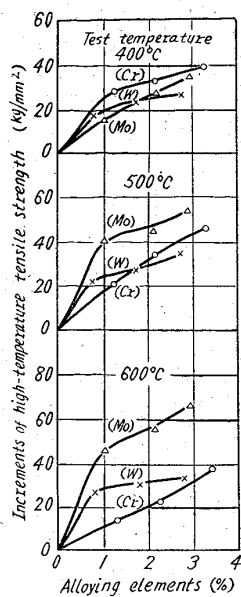


Fig. 5. Effect of alloying elements on the martensite strength at high temperature.

## 669.15-194.2:620,172,251,22 (128) 低合金鋼の高温における引張諸性質の変形速度依存性

(高速衝撃引張試験機による鉄鋼材料の引張特性の研究—Ⅶ)

東京工業大学 62308  
1441~1443  
工博 作井誠太・工博○中村正久・大森正信

Influence of Deformation Rate on the Tensile Impact Properties of Low-Alloy Steels at Elevated Temperature. (Measurement of tensile properties of steels with a high-speed impact testing machine—Ⅶ)

Dr. Seita SAKUI, Dr. Tadahisa NAKAMURA and Masanobu OHMORI.

### I. 緒 言

著者らは回転円板式高速衝撃引張試験機を用い、変形速度: 70~1600/s ならびに試験温度: 液体窒素温度~1200°C における主として焼鈍軟鋼の引張諸性質の変化について 2, 3 の報告を行なつてきた<sup>1)~3)</sup>。特に高温側における問題に注目した場合、強度および延性の変化は、種々の熱間加工現象の解明に基礎資料を提供するものであり、変形速度が大となつた場合においては、遅い変形速度の場合と全く異なつた強度および延性の挙動が存在した例などを示した。すなわち、熱間加工を対照とした実験においては、変形抵抗あるいは変形能は、歪速度を考察に入れて論じなければならないことが想像される。

この報告は、引き続き、2, 3 の低合金特殊鋼の高温側における衝撃引張諸性質の変形速度依存性について行なつた測定結果を述べる。

### II. 実験方法

実験に用いた試料の化学組成は Table 1 に示す。steel 6 はさきの一部の実験結果を報告した、比較のために用いた軟鋼であり、steel 4 および 5 はそれぞれ 1Cr·0.3Mo および 2.25Cr·1Mo 鋼、steel 8 および 9 はいずれも 3Ni·0.8Cr 鋼であり、後者炭素含有量の異なる 2 種を用いた。また steel 10 は 13%Cr ステンレス鋼で、低合金鋼との比較と、さらに熱間加工において疵が出易いとされている材料であるため選んだものである。試料はいずれも焼鈍状態のものを用いた。

衝撃速度は前報<sup>2)</sup>と同じく、静的、2.5 m/s, 10 m/s, 20 m/s, 40 m/s および 80 m/s を選んだ。また試験温度としては、特に熱間加工を対象したため、600°C ~ 1200°C 間原則として 200°C 間隔とした。

その他、加熱方法ならびに計測の方法については前報と全く同様である。

### III. 実験結果

Fig. 1 に steel 10 (13%Cr ステンレス鋼) の 600°C ~ 1200°C における静的および衝撃速度 2.5 m/s (歪速度: 70/s) の引張諸性質の変化を示す。この鋼は約 820°C で  $\alpha \rightarrow \gamma$  変態が生じ約 880°C において完全に  $\gamma$  相となり、その中間の温度においては両相が共存している。衝撃振り試験その他の熱間加工性試験において、 $\gamma$  相は  $\alpha$  相より変形抵抗は高く変形能は劣り、さらに  $\alpha$  相は

Table 1. Chemical composition of specimens. (in wt. %).

Specimens	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Remarks
Steel 4	0.20	0.20	0.47	0.027	0.015	—	1.00	0.26	1 Cr-0.3 Mo 2.25Cr-1Mo
Steel 5	0.15	0.34	0.49	0.019	0.013	—	2.33	0.90	
Steel 6	0.15	0.21	0.44	0.013	0.019	—	—	—	Mild steel
Steel 8	0.15	0.25	0.42	0.010	0.007	3.04	0.81	—	SNC 22 (JIS)
Steel 9	0.36	0.27	0.56	0.010	0.009	3.15	0.79	—	SNC 3 (JIS)
Steel 10	0.12	0.40	0.44	0.014	0.017	0.32	12.49	—	13Cr stainless

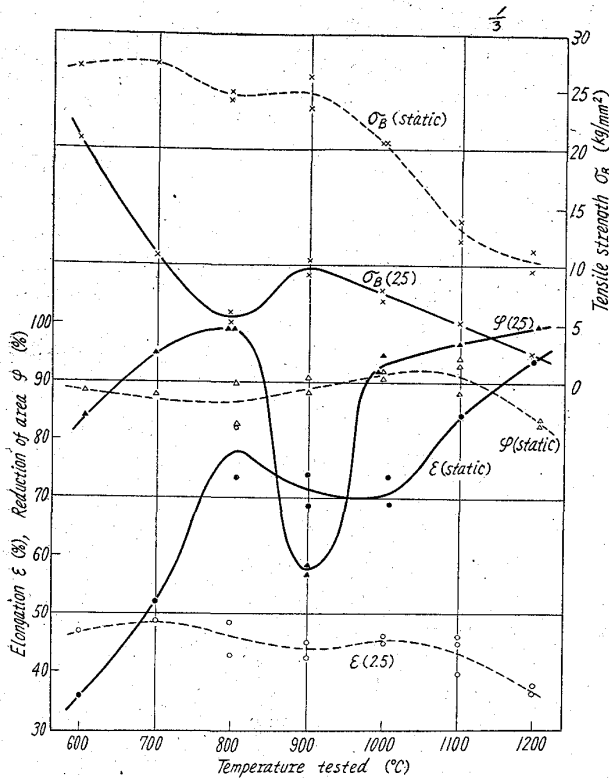


Fig. 1. Variation of tensile properties of steel 10 at different temperatures from 600°C to 1200°C. — static test; - - - impact test at the velocity of 2.5 m/s.

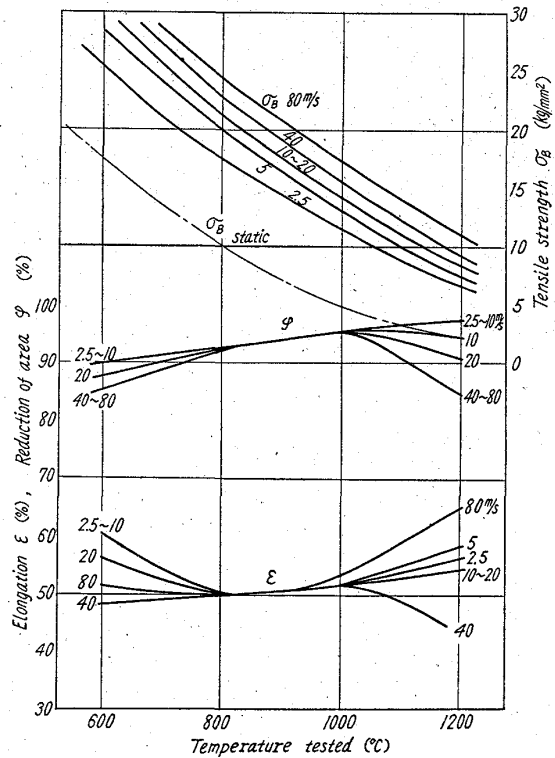


Fig. 2. Variation of tensile impact properties of steel 9 at different temperatures from 600°C to 1200°C.

γ相が混在するときこのことはさらに顕著になることが報告されているとともに、実際の熱間圧延においてもかかる事実が存在することがのべられている。このことは、図の静的試験において明瞭に表われている。すなわち、800°C～900°Cの温度領域において、引張強さは増大し、伸びおよび絞りはいちじるしく減少している。この延性の低下はとくに絞りの低下において最もいちじるしい。しかるに、衝撃速度 2.5 m/s の衝撃試験においては、このような変化が緩和されて現われている。さらに衝撃速度の大なる実験においては、延性の低下がまったく現われないものすらあった。このような結果は、破断試験片の顕微鏡組織を観察すると、試験中の試験片の温度上昇から理解できる。すなわち、衝撃試験においては、試験温度 700°C の試験片においてもすでに一部に α→γ の変態を行なったことが認められた。

Fig. 2 は、それぞれ steel 9 の試験温度 600°C～1200°C における、衝撃速度 2.5～80 m/s (歪速度 70～1600/s) の引張諸性質の試験温度に対する変化を示し

た。steel 8 および 9 両試料の主なる相異は、さきにも述べたごとく炭素含有量である。そして、炭素含有量低い steel 8 は、歪速度の増大により延性を表わす伸びおよび絞りの増加がすべての温度範囲に亘つて顕著であり、変形抵抗すなわち引張強さは歪速度に大きい影響をうけない。しかるに炭素含有量の高い steel 9 は、逆に、歪速度の増大によつて伸びおよび絞りは影響が少ないが、引張強さはいちじるしく増大する結果となつた。

以上の諸結果から、高温における変形抵抗および変形能は歪速度の変化によつていちじるしく異なる挙動を示すので、熱間加工を対象とした実験室的試験においては、それらの値の評価を行なう場合、実際の熱間加工の歪速度に近い実験をもつて推論しなければならないことが明らかである。

Fig. 3 は引張諸性質の衝撃速度に対する変化を示す代表例で、steel 8 の 1000°C における衝撃引張諸性質を衝撃速度に対して表わしたものである。衝撃速度の増大に伴つて変形抵抗を表わす引張強さは最初いちじるしく増加するが、衝撃速度が 40 m/s を越えれば逆に

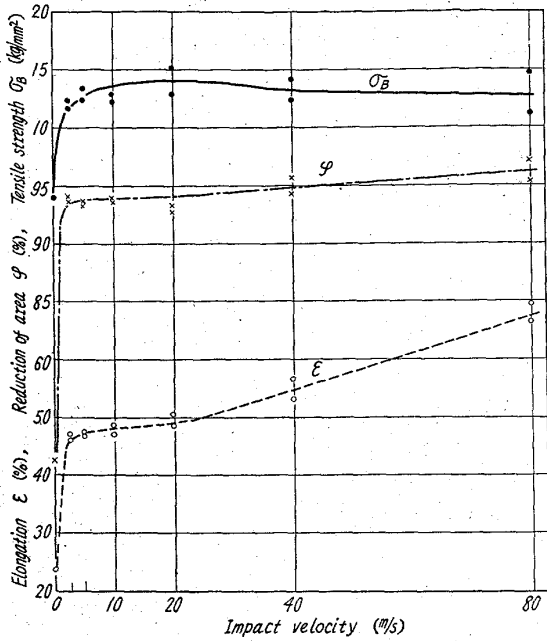


Fig. 3. Influence of impact velocity on tensile properties of steel 8 at 1000°C.

低下する傾向にあり、それに対し延性を表わす伸びおよび絞りも至速度の低域における増加のほか、高至速度域においてさらに増加する。このことは著者らがさきに高速変形軟化現象と名付けたものであり、低合金鋼は軟鋼に比し顕著ではないが明らかに同様の傾向を有しさらにその出現温度が高温側にあるようである。

IV. 結 言

低合金鋼の高温における至速度 70~1600/s の高速衝撃試験を行なった結果、特に熱間加工に関し次の結論を得た。

- (1) 静的引張試験においては、 $\alpha \rightarrow \gamma$  の変態により延性の低下が現われるが、かかる熱間延性の低下は至速度にいちじるしく影響をうける。
- (2) 変形抵抗は高速の変形になるほど増加し、その変形速度依存性は温度が高いほど、また炭素含有量の高いほどいちじるしい。
- (3) 軟鋼と同様高速変形軟化現象を認めたが、軟鋼ほど顕著ではなくさらに軟鋼より高温側に存在する。
- (4) 以上の諸結果から材料の加工性を比較するためには、至速度および温度などを実際に予想せられる条件と同一にした実験より論じなければならぬことを明らかにした。

文 献

1) 作井, 中村, 布村: 鉄と鋼, 47 (1961), P. 801.  
 2) 同 : 鉄と鋼, 48 (1962), P. 28.  
 3) 作井, 中村, 大森, 布村: 鉄と鋼, 投稿中.

669.15 '292-194:621.785.72.01:669.784  
 (129) V 鋼の耐焼戻性におよぼす C の影響、ならびに種々の V 鋼の焼戻硬度の推定

(鋼の耐焼戻性におよぼす特殊元素の影響—Ⅲ)

日本製鋼所室蘭製作所 ○石 塚 寛

Effect of Carbon on Resistance to Tempering of Vanadium Steel, and Estimation of as-Tempered Hardness of Several Vanadium Steels.

(Effect of special elements on the resistance to tempering of steels—Ⅲ)

62309 Hiroshi ISHIZUKA.

I. 緒 言

鋼の耐焼戻性におよぼす各種元素のうち、V は最も焼戻しの第一次軟化を遅滞させるとともに、また大なる第二次硬化を与えるなど、耐焼戻性を向上せしめるにきわめて有効な元素であることは第 1 報で述べた通りであるが、そのさい V の影響は他元素の場合以上に C 量との関連性を強く受けることを知った。すなわち、V は特に C との親和力が強く、しかも形成する特殊炭化物中の C 濃度が最も大きいために、V 鋼においては C 含有量との関連性がその焼戻性に対して大きな影響を与えることになる。著者はこの点の様相を明らかにするために、V 鋼の耐焼戻性におよぼす C の影響について試験した。またさらにその試験結果より、任意の C 量と V 量を有する種々の V 鋼の焼戻硬度を推定するノモグラフを作成した。本報ではこれらの試験結果について報告する。

II. 試験結果

(1) C 量異なる V 鋼の焼戻硬度変化、ならびに V 鋼の焼戻抵抗性におよぼす C の影響

C レベルを 0.3%、0.6% および 1% の 3 通りに変えて、V 量をそれぞれ約 3% まで種々に変化せしめた各試料について、その焼戻しによる硬度の変化を求めた。ただし試験方法は前報と同様で、各試料とも炭化物がすべてオーステナイト中に固溶する温度から焼入れし、しかるのち 200°C ~ 700°C 間種々の温度に 1h 宛階段的に繰返し焼戻しを行なった。

Fig. 1 に C 量を 0.3% および 0.6% とした場合の結果を示す。これから明らかなように、V の添加は比較的少量においても第一次焼戻軟化の遅滞ならびに第二次硬化をあらわし、さらに V 量の増加はよりいちじるしい第二次硬化を与える。この場合、0.3% C レベルのものにおいて、V 含有量の異なるものは比較的少量のものに比べて 600°C 以上の軟化が早い。これは生成炭化物の量と vanadium excess の関係によつて説明するべき問題であると考えられる。一方 0.6% C レベルの場合、C 量の増加によつて全体的に硬度が高くなっているために、0.3% C の場合に比べて V 含有量の比較的少ないものの第二次硬化による硬度の上昇率はやや小さい。しかし V 含有量の異なるものにおいては、V の全部が  $V_4C_3$  炭化物を作るに十分な C 量を有するために、第二次硬化度も大となり、かつ 600°C 以上の温度範囲においては 0.3% C の場合にみられるような軟化速度をかえつて早め