

Fig. 4. Charpy impact energy versus time-temperature parameter for DSS and DSH steels.

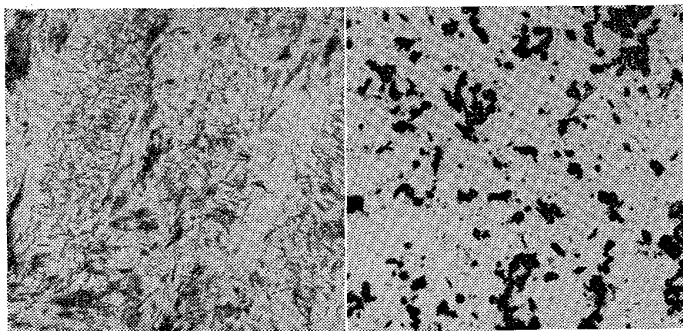
Pの小さいところまで検出できたのであろう。

(4) 電子顕微鏡組織および電子回折

DSS 鋼においては、 $P \geq 14.5$  のところではすべて析出物はカーボン膜に抽出され、 $P=14.1$  (450°C×0.35h) のところでは析出物は認められなかつた。抽出析出物の大部分が電子回折でき、すべて  $M_6C$  炭化物であることを確認した。また DSS, DSH 鋼とも炭化物の凝集は  $P=19.9$  附近ではじまるようである。Photo. 1 は DSS 鋼の抽出レプリカの代表的な電子顕微鏡組織である。

IV. 結 言

DSS, DSH 鋼ともほとんど同じ傾向の焼戻挙動を示



(a) Tempered 10h at 500°C (P=16.2) (b) Tempered 1000h at 650°C (P=21.2) ×6000 (1/2)

Photo. 1. Electron microstructures obtained after tempering DSS steel. Carbon extraction replica.

すが、高温長時間における軟化抵抗は DSH 鋼の方が大である。両鋼種は、 $P=14.1 \sim 17.0$  では硬化が進行し、 $P=17.0$  で硬度は最高に達し、それ以後は軟化する。衝撃値の谷は  $P=16.0 \sim 18.5$  において生じ、これは硬度の山と丁度一致する。 $M_6C$  炭化物は  $P=14.5$  附近で析出しはじめるが、この析出開始点は硬度の山 ( $P=16.0$ ) の少し手前である。

669.14.018.295:669.15-194.2:  
620.172.2:669.822  
(148) 低合金高張力鋼に対するウランの

添加 63338

(鉄鋼におよぼすUの影響に関する研究—Ⅲ)

早稲田大学理工学部 1541~1543

工博 長谷川正義・○斧田 一郎

Uranium Addition to Low-alloy High Tension Steels.

(Influence of uranium addition on iron and steel—Ⅲ)

Dr. Masayoshi HASEGAWA and Ichiro ONODA.

I. 緒 言

Uの鉄鋼におよぼす基礎的機能を明らかにするために行なつた第1, 2報においては、 $Fe_2U$  および UC の熱処理に対する挙動を報告し、 $Fe_2U$  は 950°C 以上の溶体化によつてオーステナイトに固溶するため、この形態を変化させることができ、引張強さをかなり増加させることができるが、UC を生成した場合は 1200°C でも分解せず、固溶、析出に伴う性質改善を目的とした鋼種には、ほとんど応用できないことが解つた。これらのことから第3元素を含まない構造用鋼ではU添加の効果は期待できないが、U化合物と固溶しあう複化合物(主として複炭化物)を生成した場合の挙動は未知であり、また清浄作用の効果、溶接時の問題となる焼入性、ベイナイト生成への影響などのUの効果を明らかにするため、数種の高張力鋼におよぼすUの影響について研究した。

II. 実験方法

この報告で対象とした鋼種は Si-Mo 系, Mo-B 系, Cr-Ni-Cu 系で、それぞれのフェライト鋼, ベイナイト鋼, 焼準—焼戻鋼におよぼす影響を明らかにするために選択したものである。いずれの試料も溶製方法は前報同様である。すなわち小型高周波炉を用いて約 4kg の鋼塊とした。仕上脱酸は  $Al 0.05\%$  を用い、Uは出鋼直前にフェロ・ウラン (U: 88%) を塊状のまま投入した。分析試料採取後、1100~900°C で鍛伸し、14φ の棒とした。かくして得られた試料は7チャージで化学分析結果および予定成分を Table 1 に示した。

III. 実験結果

(1) Uの歩留と鍛造性

前報の結果からUの大量添加は、衝撃値の低下を招来することが知られたので、その添加量は 0.2%以下とした。分析結果による歩留は Table 1 のごとく、約 35~42%である。鍛造性はU添加量のやや多い場合は低下することが知られているが、この報告の試料は何れもU添加量が少なく、そのため鍛造は標準鋼と同一にして行

Table 1. Chemical composition and austenitic grain size of steel melted. (%)

Steel No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	B	U*	Uranium recovery	Austenitic grain size (JIS spec. No)
10	0.14	(0.40)	1.19	—	—	—	—	—	Nil	—	8.2
11	(0.15)	(0.40)	(1.20)	—	—	—	—	—	0.087	34.8%	8.9
20	0.13	(0.40)	0.53	—	(0.50)	—	—	(0.0025)	Nil	—	8.1
21	(0.15)	(0.40)	(0.55)	—	(0.50)	—	—	(0.0025)	0.105	42.0%	8.3
30	0.14	(0.25)	1.41	(0.75)	—	(0.40)	(0.45)	—	Nil	—	8.7
31	(0.15)	(0.25)	(1.40)	(0.75)	—	(0.40)	(0.45)	—	0.122	36.6%	8.1
32	(0.15)	(0.25)	(1.40)	(0.75)	(0.25)	(0.40)	(0.45)	—	Nil	—	8.4

\* Total uranium %. Courtesy of Mitsubishi Metal Mining Co. Ltd.  
 Parenthesized value is expected one.

なつたが、とくに鍛造性の劣化は認められなかつた。

#### (2) 清浄度におよぼす影響

約 2 m の鍛造棒中央部について、JIS 点算法により非金属介在物を測定した結果、Si-Mn 系においては U 添加鋼はわずかに清浄度が向上したが、Mo-B 系では逆に低下した。Cr-Ni-Cu 系では Mo を添加した鋼種と U 添加鋼とはほぼ同一で、その効果は微細であつた。なお何れの場合も A 系は U 添加によつて減少し、微細な塊状の介在物となるに反し、C 系は逆に増加した。これらはすでに報告した硫化物の形態的な変化に因るものである。なお B 系には変化が認められなかつた。

#### (3) オーステナイト結晶粒度におよぼす影響

U 添加によつて、オーステナイト結晶粒度はわずかに微細化されることを前報で報告したが、この報告の鋼種についても JIS 滲炭法で測定した結果、JIS 粒度番号 8~9 で、いずれも結晶粒度は微細であり、特に U 添加による著しい影響はなかつた。(Table 1 参照)

#### (4) 焼準組織と硬さにおよぼす影響

920°C, 1 h の焼準を行なつて、顕微鏡組織を検査した結果、Si-Mn 系では U 添加鋼はフェライト粒度がわずかに粗大化し、硬さはやや増加した。(Table 2 参照) Mo-B 系ではいずれもベイナイト組織を得たが、U 添加鋼は組織中に塊状の炭化物がわずかに検出できた。硬さは U 添加鋼が非常に高く、 $H_{RB}$  で 10 以上の差があつた。これは組織中のベイナイト量によるものと考えられる。Cr-Ni-Cu 系では試料径が小さいため焼準によつて

完全なマルテンサイト組織となり、組織上の変化は U 添加鋼がマルテンサイト組織中に塊状の炭化物をわずかに残留する以外は変化はなかつた。硬さは Table 2 に示したように U 添加鋼、Mo 添加鋼とも標準鋼よりわずかに高い値を得た。

#### (5) 機械的性質におよぼす影響

Si-Mn 系、Mo-B 系では 920°C, 1 h 空冷、Cr-Ni-Cu 系では 920°C, 1 h 空冷、680°C, 8 h の焼戻を行なつて JIS 4 号引張試験片によつて試験を行ない、この結果を Table 2 に示した。Si-Mn 系においては U 添加によつて引張強さをやや増加し、伸び、絞りを減少した。Mo-B 系では U 添加鋼の引張強さは増加したが、伸びが減少した。Cr-Ni-Cu 系においては焼戻抵抗が大きく、長時間焼戻によつて硬さを  $H_{RC} 12$  以下として試験を行なつた結果、Mo 添加鋼は標準鋼とほぼ同一であつたが、U 添加鋼は引張強さをわずかに増加したのに反し、伸びが非常に低下した。

#### (6) 衝撃値におよぼす影響

Si-Mn 系について 2V シャルピー試験によつて低温衝撃試験を行なつた結果を Fig. 1 に示した。この結果標準鋼は遷移温度が -40°C 附近に存在しているが、U 添加鋼は常温においてすでに衝撃抵抗が低下し、遷移温度は上昇し、-10°C 附近であつた。Mo-B 系では常温と 0°C の試験を行なつた結果、U 添加によつて衝撃値は低下し、常温においてすでにほぼ完全な脆性破壊を示した。(Fig. 1 参照) Cr-Ni-Cu 系では 0°C の衝撃値

Table 2. Mechanical properties at room temperature and impact strength at 0°C.

Steel No.	Hardness (HrB)		Tensile strength (kg/mm)	Yield point (kg/mm)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	2V Charpy impact strength at 0°C (kg-m)
	920°C, 1 h A. C.	680°C, 8 h A. C.					
10	82.5	—	56.3	40.3	41.1	48.5	19.2
11	86.7	—	61.9	—	34.0	39.0	3.0
20	84.9	—	60.3	45.8	35.4	47.5	4.5
21	96.3	—	83.9	—	24.1	34.0	1.2
30	RC 30.4	RC 10.1	72.5	56.1	32.0	44.0	14.7
31	RC 32.7	RC 10.6	78.0	49.5	18.9	32.0	4.6
32	RC 35.3	RC 12.0	71.1	55.7	31.5	42.0	13.9

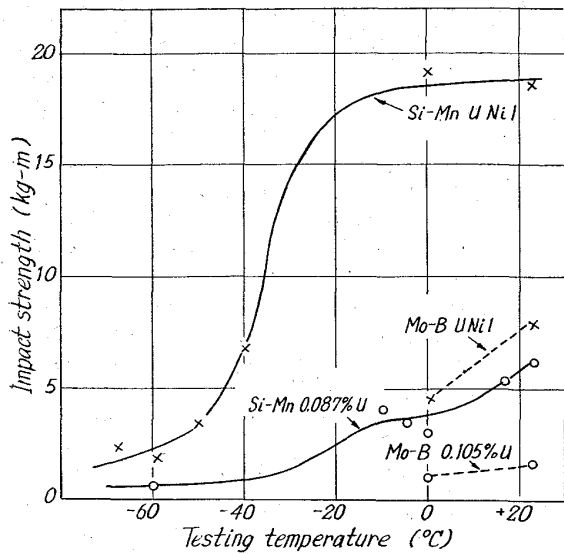


Fig. 1. Low temperature impact strength of steel tested at normalized condition.

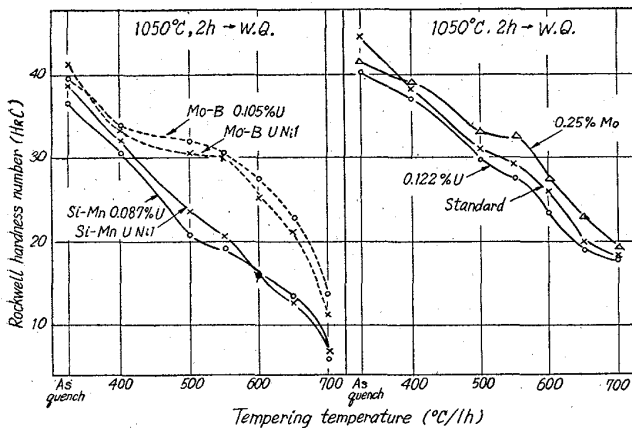


Fig. 2. Tempering characteristics of steel after solution treated at 1050°C.

を比較し (Table 2 参照), この結果 Mo 添加鋼は低下しなかつたが, U 添加によつて同様かなり低下した. このように U 量が少量であっても, 低温の衝撃値は低下し, 遷移温度は上昇したので, 予期するところではあるが, 低温用鋼への期待はまつたかない.

(7) 2次硬化能におよぼす影響

前報の結果から Si-Mn 系においては 2次硬化はほとんど期待できないが, 他の鋼種では複炭化物生成にもとづく 2次硬化が期待される. これを調べるためとくに 1050°C, 2h の高温溶体化後水冷し, 700°C までの焼戻を行ない, 硬さを測定した結果を Fig. 2 に示した. Si-Mn 系では U 添加鋼のやや焼戻硬さの低下が現れている. これはマルテンサイトの C 濃度が安定な UC の形成によつて減少するためである. 焼戻においては両鋼種ともほぼ同一の性能を示した. Mo-B 系でも U 添加鋼の焼戻硬さはわずかに低いが, 焼戻において U 添加はやや耐軟化性を示した. また 1200°C 溶体化, 550°C 焼戻の結果も同様であつた. 従つてさらに U 量の多い場合 Mo と U の炭化物の固溶によつて, その効果を強めるものと期待される. Cr-Ni-Cu 系では U, Mo 添加鋼は標準鋼

よりむしろ焼戻硬さは低い. しかし焼戻により Mo 添加鋼はかなり耐焼戻性を示すに反し, U 添加鋼はそのまま低下し, 標準鋼より低かつた. 従つて U は Cr, Ni, Cu などの共存合金元素と作用せず, 単独に炭化物をつくるものと判定した.

669.14.018.8:669.15'24'26-194.56  
 = 669.822:669.775:669.784  
 (149)

オーステナイト・ステンレス鋼中の硫黄および炭素の挙動に対するウラン添加の効果について

(オーステナイト・ステンレス鋼中のウランの挙動—I) 63339

日本冶金工業川崎製造所 1543-1545  
 工博 川畑 正夫・工博 横田 孝三  
 工博 渡辺 哲弥・○江波戸和男

On the Effect of Uranium Additions upon Behaviors of Carbon and Sulphur in Austenitic Stainless Steels.

(Studies on behavior of uranium in austenitic stainless steel—I)

Dr. Masao KAWAHATA, Dr. Kozo YOKOTA  
 Dr. Tetsuya WATANABE and Kazuo EBATA.

I. 緒 言

従来オーステナイト・ステンレス鋼中での特殊炭化物生成元素としては Ti, Nb あるいは V が用いられているが U もまた C の親和力の大きいことから C 安定化元素の 1 つと考えることができよう. また U は Ce, La と同程度の S との親和力を有しかつ溶液中に溶解度を有することなどから稀土類元素と同様の効果が期待されよう. 我々はここでオーステナイト・ステンレス鋼中の S がその熱間加工性を害することおよび C が Cr 炭化物として析出する際に粒界腐食感受性を増すことの 2 点に着目し, この改善に対して U がどのような効果を与えるかを検討しながら同時に U 添加による組織および機械的性質の変化についても合わせ検討したのでここにその結果を報告する.

II. 試料の溶製および鍛伸

試料は原材料として純金属および Fe-Si, Fe-Cr, Fe-U を用い誘導式真空溶解炉により溶製した 4kg 鋼塊を熱間鍛伸により 20φ とした丸棒を使用した. 溶製試料は 2 群に大別されその成分は 18Cr-12Ni 基で 0.007% S 以下で 0.015~0.23% C, 0~1.5% U の群と 0.05% C 以下, 0.01% Mn 以下で 0.007~0.125% S, 0~1.5% U の群とである. 前者は鋼中での C の挙動に対する U の効果を, 後者は S の挙動に対する U の効果を検討しようとするものである. 試料の熱間鍛伸に際して U 含有量の少ない場合は容易に鍛伸できたが U 含有量の多い試料では鍛造可能温度域が非常に狭くなることが知られた.

III. 実験結果

(1) 焼鈍温度による硬度と組織の変化

20φ に熱間鍛伸した材料について 1000°~1300°C で