

されない。

(iv) 伸び率の値は 3 種の試料共静的試験では焼鈍温度に関係なく一定の伸び率をしめしかつ延性破壊するが衝撃試験においては伸び率は焼鈍温度の低い場合極めて小さく脆性破壊を呈する。この両挙動の差の原因については目下究明中である。

(94) 2% Mn 強靱鋼の切欠感受性におよぼす各種元素の影響

Effect of Various Alloying Elements on Notch-Sensitivities of 2% Mn High Strength Steel

T. Saito, et alius.

防衛庁 ○斎藤利生
大同製鋼研究所 工藤原達雄

I. 緒言

強靱鋼としてもつとも古くから親しまれている鋼種は Ni-Cr 鋼または Ni-Cr-Mo 鋼であるが、最近外国においては Ni 含有量を低くした Ni-Mn-Cr-Mo 鋼または Ni を含有しない Mn-Cr-Mo 鋼、Mn-Mo 鋼などが実用されているのがみられる。とくにこれら鋼種の特徴としては Mo を必ず含有せしめていること、Cr 含有量に約 1% 止りとしてなるべく低く押えていること、および Ti, V, B などの微量元素を活用していることなどがあげられる。Mo の含有および Cr 量の低下は主として切欠感受性を顧慮したためと考えられるが、本研究においては、0.28% C, 2.00% Mn, 0.5% Cr, 0.25% Mo の強靱鋼の切欠感受性におよぼす各種元素の影響について低温切欠衝撃試験により実験した結果について報告する。

II. 供試試料および実験方法

1. 供試試料

供試材の成分配合は Table 1 にしめた。すなわち前記基本成分の 2%Mn-Cr-Mo 鋼における C, Si, Cr, Mo の含有量を変化せしめたもの、ならびに W, Ti, V, Ti-B および Cu をそれぞれ各種の量添加した計 36 鋼種である。

試料は極軟鋼を溶解母材として高周波誘導炉により 10kg の鋼塊を溶製し、鍛造、圧延、焼鈍ののち J I S 規格の V-notch シャルピー試験片に粗削した。

2. 実験方法

試験片は各変態点の測定結果からそれぞれ A_{c3} 点 + 30 °C の温度に保持後油焼入し、各温度に 1h 焼戻油冷した。低温衝撃試験は V-notch シャルピー試験片をあら

Table 1. Chemical composition of converted or added alloying elements in 0.28% C-2.00% Mn-0.5% Cr-0.25% Mo steel (%)

Specimen No.	1	2	3	4	5
C	0.13	0.22	0.26	0.31	0.36
Si	0.57	1.12	1.57	2.05	
Cr	0.11	1.00	1.47	2.07	
Mo	0.05	0.50	0.70	0.94	
W	0.53	1.29	1.48	2.20	
Ti	0.042	0.060	0.090	0.180	
V	0.026	0.051	0.082	0.200	
Ti+B	0.036Ti + 0.002B	0.043Ti + 0.002B	0.050Ti + 0.002B		
Cu	0.59	1.02	1.50	2.02	

かじめ試験温度に保持した低温槽に 1h 浸漬した後取出して衝撃値を測定した。

III. 実験結果

1. 切欠衝撃値におよぼす焼戻温度の影響

焼入後常温~700°C 各温度に焼戻した試験片を -40°C ± 2°C の試験温度で衝撃値を測定し、焼戻温度と衝撃値との関係を求めた。-40°C の低温で試験したのはとくに切欠感受性を明瞭にせしめる目的でおこなったものである。

各鋼種はついで測定結果から、いわゆる低温焼戻脆性として知られている 300°C 附近の衝撃値の低下ならびに 550°C 付近の炭化物析出による脆性におよぼす各種元素の影響を明らかにするため、300°C および 550°C 焼戻における衝撃値におよぼす元素の影響を調べると Fig. 1 のごとくなる。すなわち低温焼戻脆性にたいしては、C の増加とともに脆化はいちぢるしくなるが、その他の Si, Cr, Mo, W, Ti, V, Ti+B ではいずれも各元素量の増加するにしたがつて衝撃値は高くなつており、とくに

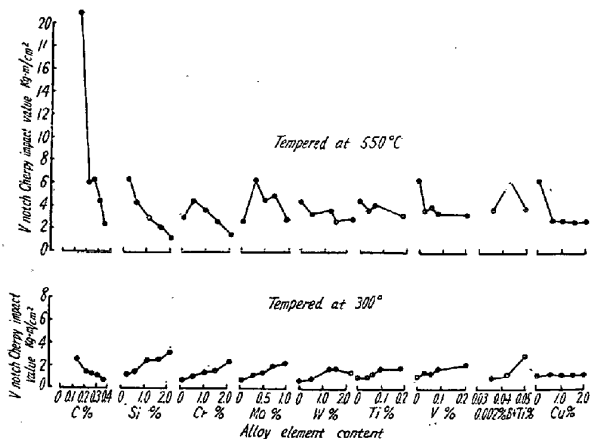


Fig. 1. Effect of alloying elements on -40°C V-notch Charpy impact value in quenched and tempered at 300°C and 550°C specimens.

1%以上のSiおよび0.05%Ti+0.002%Bが有効である。またCuは含有量影響はほとんどみられない。300°C以下の低温焼戻域においてもほぼ同様な傾向が認められるから、低温焼戻状態で使用する場合にはこれら元素の利用も考えられる。

550°Cの焼戻脆性にたいしては、Cの増加は急激に衝撃値を低下し、Siもまたきわめて顕著に脆化する。その他Cr, W, Ti, Vも元素量の増加にしたがつて衝撃値を低下するが、Moは0.25~0.75%の添加により脆化は少なくなるにもかかわらず、1.0%程度になるとふたたび脆性がいちぢるしくなるようである。またTi+Bは0.043Ti+0.002Bの組合せにおいてもつとも有効であり、Cuは添加により脆性をますが添加量の影響にあらわれていない。

脆性部をさけた600°C焼戻状態について比較すると、C, Si, Cr, Wはそれぞれ元素の増加とともに切欠感受性が増加して衝撃値は低下してくるが、Moは0.27~0.7, Ti 0.042~0.090, V 0.051, Ti+Bは0.036Ti+0.002B~0.043Ti+0.002Bの各範囲において衝撃値は恢復する。しかし基本試料にたいして添加材として有効と認められる元素はV 0.05%およびTi 0.043+B 0.002%のみである。

2. 低温遷移特性におよぼす各種元素の影響

各試料と油焼入後Hrc 32±1の硬さを得るように適当な焼戻温度を選んで焼戻をおこない、+40°C~-80°Cの範囲で切欠衝撃値を測定して低温遷移曲線を求めた。

この結果から一応切欠衝撃値5 kg-m/m²に相当する温度を遷移温度として、低温遷移特性におよぼす各種元素の影響を調べるとFig. 2のごとくである。

Cの影響は多少誤差があるため明瞭ではないが、Cの増加は遷移温度を高めるからなるべく低炭素が望ましい。Si, Cr, W, Tiはそれぞれ遷移温度を明瞭に高め

る。またMoについて述べれば、無Mo試料では全般に切欠感受性が大きく+40°Cでも衝撃値5 kg-m/cm²に達しないが、Moの添加によりいちぢるしく遷移温度を低下する。添加量は0.5%Moがもつとも有効でありそれ以上Mo量が多くなるとふたたび遷移温度は上昇する。Vもわずかながら遷移温度を低下するが0.1%以下の添加が有効と思われる。Ti+Bは0.043Ti+0.002Bがもつとも遷移温度は低い、無処理の基本試料とくらべると遷移特性はわずかに劣っている。またCuは添加量による遷移特性への影響は認められないが、基本試料と比較するとCu添加の効果はない。以上の結果から低温遷移特性を改善する有効な元素としては第1にMoがきわめて有効であり、ついで微量のVがあげられる。

IV. 結 言

2%Mn-Cr-Mo強靱鋼の切欠感受性におよぼす各種元素の影響を低温切欠衝撃試験により調べた結果つぎのことが明らかとなった。

1. Cはなるべく低いことが切欠感受性が少ない。できれば0.15%以下が望ましい。
2. Moを含有しない状態では切欠感受性がきわめて大きいから必ずMoは含有せしめなければならない。含有量は0.25~0.75%が適当で、含有量が多くなるとふたたび感受性をましてくる。
3. 微量のVは切欠感受性が改善する効果が認められる。この場合添加量は0.05%が適当である。
4. Ti+Bの添加は0.043Ti+0.002Bにおいて衝撃値は高くもつとも有効であるが、遷移温度をわずかに上昇せしめる。
5. Si, Cr, W, Tiはいずれも含有量の増加とともに切欠感受性を増大するが、Mo, V, Ti+Bを含めていずれも300°Cの低温焼戻脆性域および300°C以下の低温焼戻状態における衝撃値を改善する効果が認められる。
6. Cuはいずれの場合も添加量の影響はなくほぼ同一の傾向をしめしているが、添加による切欠感受性改善の効果は認められない。

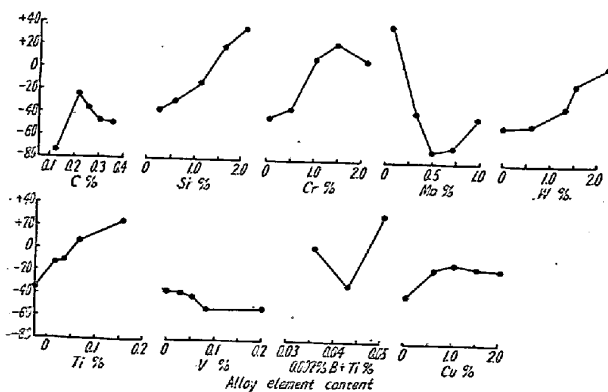


Fig. 2. Effect of alloying on low temperature transition properties.