低温度に於ける數種の合金鋼の熔接部及び母材の 衝撃試験、引張試験及び硬度試験について

袋 井 忠 夫* 門 奈 五 兵**

石 井 尙 道** 岡 松 保 男**

Tadao Fukuroi, Gohei Monna, Naomichi Ishii and Yasuo Okamatsu: Impact, Tensile and Hardness Tests of Some Ferrous Alloys at Low Temperatures. Charpy impact tests were carried out with respect to four kinds of steels, i. e., low carbon steel, soft steel, chrome-molybdenum steel and chrome-manganese austenitic steel at the temperature range between 20° and -195°

The notched specimens, having the standard Charpy type, were made either from the part that was welded by means of an electric-arc method using welding rods of the same composition as the material to be welded, or from the unwelded part of the said steel plates; in the former case the position of the long edge of the specimen perpendicular to the welded line. The specimens were finished in the desired form of the complete specimen by means of a grinding machine after a suitable heat treatment of quenching and tempering. Among the four kinds of steels cited above, chrome-manganese steel of austenitic structure showed the largest impact value down to the liquid-air temperature, under both welded and unwelded conditions.

Tensile tests were also performed to the aforesaid steels, with the specimens 6 mm in diameter, in the said temperature range.

Brinell hardness was also measured on the part of welding as well as on both sides of that part.

(Received Jan. 20, 1940)

I. 緒 言

近時低温工業の發達に俱ひ大型の構造物用材料にして液體空氣の沸點位の低温度迄相當大きな衝撃値を保有する鐵鋼材料が要求せられる様になつた。而して全體が大型である爲必然的に熔接によつて組立てる必要があり、従つて熔接部も母材同様低温度迄衝撃値の低下しないことを要する理である。斯かる要求に副つて吾々は軟鋼、低炭素鋼、クロムマンガノーステナイト鋼及びクロムモリブデン鋼につきそれぞれ母材と同一組成を有する熔接棒を用ひて電弧熔接した部分及びそれに隣る母材の部分から標準のシャルピー試験片を切り出して試料とした。更にこれ等4種類の鋼につき引張試験及び硬度試験を行つた。試料の温度は27°から液體窒素の沸點迄低温用恒温槽を使用して變化した。

II. 低温衝撃試験

實驗裝置及び方法

試験片の形はJES規格によるU字型切込を有する標準型のシャルピー試験片で熔接部に於てはFig.1に示す如く

Fig. 1 The Relative Position of the Specimen for Charpy Test to the Welded Part of the Steel Plate. The Hatched Part is the Welded Metal.

Table.1 Compositions of Alloy Steels and Welding Rods.

Kinds Composition	Soft Steel	Low Carbon Steel	Cr-Mo-Steel	Cr-Mn-Austen. Steel	Cr-Mo-Steel Welding Rod	Cr-Mn-Austen. Steel Welding Rod
C	0.133	0.125	0.318	0.323	0.25	0.08
Mn	0.517	0.550	0.550	17.350	0.60	16.16
Si	0.064	0.012	0.124	2.580	0.35	0.40
P	0.013	0.013	0.026	0.033	0.03	0.022
S	0.038	0.013	0.036	0.035	0.03	0.016
Mo	—	—	0.363	—	0.30	—
Cr	—	—	2.514	11.742	1.0	15.54
Cu	—	—	1.00	—	—	1.07

に採つた。而して30kgmのシャルピー試験機を用ひた。又試料の組成及び電弧熔接に使用した心線の組成はTable1に示す。

* 東北大學金屬材料研究所

** 日本理化工業株式會社

試験温度は -195.5°C (液體窒素), -150° (ペンタンを液體窒素で冷却する恒温槽), -120° (同前), -100° (同前), -78.5° (同前), -50° (アルコールを液體窒素で冷却する恒温槽)及び 0° (氷)等で恒温槽は自動温度調節装置により $\pm 0.05^{\circ}$ の範囲で温度を一定に保持する。而して温度計として使用する銅コンスタンタン熱電対は氷點, 固體炭酸の昇華點及び液體酸素の沸點に於て校正した。

試験片は上記の各温度の冷媒中に30分以上浸し内部迄一様の温度にして後取出してより5秒間以内に衝撃試験を完了したのであるが、猶この間に於ける温度上昇を小さくしめる爲、試験片を予め1個づつ極めて薄いセロファン紙で包装を施した結果試験する迄の温度上昇は高々 1° 以内である。猶セロファン紙の抵抗による衝撃値の誤差は試験機の測定精度以下のものである。各種類各温度につき3個の試験片につき得た結果を平均した結果を Fig.3 Fig.4, Fig.5 及び Fig.6 に圖示した

Fig. 2 The Temperature Rise of Specimen with the Lapse of Time after which was Laid on the Charpy Machine. (Room temp. 26°)

猶試験片をセロファン紙で包んだ場合と包まない場合の試験片を冷媒より取出して $25^{\circ}\sim 28^{\circ}$ の空氣中に置いた場合の温度上昇の模様はFig.2に示す如くで、液體酸素及び液體窒素の場合にセロファン包装を施した方が特に温度上昇の小さいのはセロファン包装内に液體酸素及び液體窒素が残留する爲である。

實驗結果

前述4種類の試験片についてこの結果を綜合すれば Cr-Mn-オーステナイト鋼が最も成績良好にして熔接部の母材と同様 -196° の低温に到る迄著しい衝撃値の低下を示れ

ない。低炭素鋼は -80° 附近迄は韌性を保持するが -100° 以下では脆性顯著となる。Cr-Mo鋼が概して衝撃値の小さいのは何等熱處理を施してない爲である。低炭素鋼及び軟鋼の熔接試験片の脆性が著しいのは熔着状態の不良及び熱歪の存する爲と考えられる。

Fig. 3 Impact Values of Soft Steel vs. Temperatures. [Full] line corresponds to the unwelded part and the broken to [] line the welded part.

Fig. 4 Impact Values of Low Carbon Steel vs. Temperatures. Full and broken lines correspond to the unwelded and welded part respectively.

III. 低温引張試験

實驗裝置及び方法

直徑5mmの丸棒状試験片を作りアムスラー5噸引張試験機を用ひ引張試験を行つた。試験片を冷却するにはチャックの部分を包含するように金屬製魔法壺を取りつけ -196° (液體窒素), -150° 魔法壺にペンタンを入れ壺内に挿入し

Fig. 5 Impact Value of Cr-Mo Steel vs. Temperatures. Full and broken lines correspond to the unwelded and welded part respectively.

Fig. 6 Impact Value of Cr-Mn Austenitic Steel vs. Temperatures. Full and broken lines correspond to the unwelded and welded part respectively.

Fig. 7. Stress Strain Diagram for Soft Steel.

Fig. 9. Stress Strain Diagram for Cr-Mo Steel.

Fig. 8. Stress Strain Diagram for Low Carbon Steel.

Fig. 10 Stress Strain Diagram for Cr-Mn Steel.

た蛇管形ジャケットに液体窒素を添える。-100°(同前)及び常温等の温度に各々30分間保持して後引張荷重を加へ歪力曲線を書かしめ各種類各温度につき3回宛試験を行つた。

実験結果

Cr-Mn-オーステナイト鋼が最も良い結果、即ち抗張力大きく且伸も十分大きい。而してCr-Mo-鋼は抗張力は十分であるが伸が小さく脆く切断する。これ等の特殊鋼はどれも明瞭な降伏點を示さない。低炭素鋼は抗張力は小であるが伸はCr-Mn-オーステナイト鋼に劣らぬ大きな値を有する。軟鋼は抗張力も伸も小である。これ等は何れも降伏點を明瞭

に示す。

Table 2 Results of Tensile Tests at Low Temperatures.

	Temper- atures of Tests	Lower Yield Point kg/mm ²	Tensile Strength kg/mm ²	Elong- ation%
Soft Steel	25°	34.85	49.05	24.9
	-100°	44.36	59.33	31.4
	-150°	—	—	—
	-196°	85.35	98.3	3.6
Low Carbon Steel	25°	28.86	38.57	29.7
	-100°	46.72	50.33	32.8
	-150°	54.98	59.98	34.5
	-196°	79.46	81.40	16.3
Cr-Mo- Steel	25°	—	79.33	11.2
	-100°	—	96.30	14.6
	-150°	—	105.3	11.95
	-196°	—	109.3	4.9
Cr-Mn Austenitic Steel	25°	—	83.11	39.4
	-100°	—	108.53	30.2
	-150°	—	121.9	29.75
	-196°	—	113.2	20.55

液體窒素の温度-196°に於ける引張試験の歪-歪力曲線の一例を示せば Fig.7 乃至 Fig.10 のようである。

IV. 硬 度 試 験

試験方法及び実験結果

ブリネル硬度計を用いて衝撃試験片の一面の中心線に沿

Fig. 11 Positions of Hardness Test on the Specimen.

ひ Fig.11 に示す位置の硬度(5/750/30)を常温で測定した結果は Table 3 に示す如くである。

Table 3 Results of Hardness Tests.

	Unwelded Regular Specimen		Welded Specimen	
	2×d ₀ (mm)	Hardness	2×d ₀ (mm)	Hardness
Soft Steel	5.0	143	5.4	121
	5.0	143	5.0	143
	5.1	137	5.2	131
	4.8	156	5.2	131
	Average	145	Average	132
Low Carbon Steel	5.2	131	5.2	131
	5.4	121	5.3	126
	5.4	121	5.4	121
	5.0	143	5.1	137
	Average	129	Average	129
Cr-Mo Steel	3.8	255	4.0	229
	3.8	255	3.8	255
	4.0	229	3.8	255
	3.9	241	3.8	255
	Average	245	Average	249
Cr-Mn Austenitic Steel	3.6	285	4.0	229
	3.5	302	3.6	285
	3.4	321	4.0	229
	3.6	285	3.8	255
	Average	298	Average	250

V. 結 論

低温試験結果はクロム-マンガン-オーステナイト鋼が液體窒素の温度に於て最も良好な強靱性を示し衝撃を受ける部分の材料として適當と考へられる。併し壓延加工等困難なる缺點がある。低炭素鋼は-80°附近迄使用可能と認められる。-100°附近よりの衝撃値の著しい低下は熱處理を施さない爲とも考へられる。クロム-モリブデン鋼は熱處理して組織を調質すれば遙かに良い結果が得られる。低炭素鋼及び軟鋼に對してクロム-マンガン-オーステナイト鋼の心線を用ひて熔接すれば母材と同様の材料を用ひた場合より良い結果が得られる。

外 國 文 獻 紹 介

合成引張應力の下に於ける板材の塑性流れ及び破斷 [Maxwell Gensamer, The Modern Industrial Press, Sep., (1942)] この論文は一つ以上の方向に力を受ける金屬の塑性流れ及び破壊の理論に捕れず、唯經驗のみに頼つてゐる金屬板の製作者に對して示唆を與へる爲に書かれてゐる。色々な點を考慮すると金屬板の製作には引張試験に於ける局部收縮の始まるまでの均一伸びの大きさが

重要になつてくるが如何なる力の受け方とき均一伸びの大きさがより大きくなり得るかを論じ、一例として一方向に引張を受けるときと二つの直角な方向に同一の應力度の引張を受けるときとを比較し、局部收縮の起るまでに後者は前者の2倍以上その厚さを減少し得ることを示してゐる。

又板の製作により適する金屬として低い降伏點と高い引張強さを持つものを推してゐる。(杉本)