

特殊鑄鋼の研究 (VIII)

(Cr-Mo 鑄鋼の機械的性質に及ぼす Ni の影響)

(昭和 25 年 9 月第 40 回本會講演大會にて講演)

三ヶ島 秀雄*

RESEARCHES ON THE SPECIAL CAST STEEL (VIII)
(EFFECT of Ni on MECHANICAL PROPERTIES of Cr-Mo CAST STEELS)

Hideo Mikashima, Ds. Eng.

Synopsis: Influence of Ni on the hardness and impact resistance of Cr-Mo cast steels containing Cr 1%, Mo 0.25% was investigated. The specimens were oil quenched from $A_{c_3}+50^{\circ}\text{C}$ and subsequently tempered at $180\sim 700^{\circ}\text{C}$.

From the results of these studies, the author obtained the following conclusion:— In the case of low carbon content, the hardness of Cr-Mo cast steel rapidly increases as the Ni addition increases, but in higher carbon content, it does not increase hardness any more. At a low tempering temperature the hardness increases with the Ni content, but when the tempering temperature is elevated, the effect of Ni is slightly affected. Though Ni has a marked effect in impact resistance up to 2%, with further increase in Ni addition the impact resistance suddenly decreases. The "first" temper-brittleness occurs at the tempering temperature of $300\sim 400^{\circ}\text{C}$. In case, however, the tempering temperature supercedes 500°C , the toughness is sensibly enhanced.

In short, Ni addition gives an excellent results for the low carbon, Cr-Mo steel, but not so for cast steel of every kind.

I. 緒 言

強靱特殊鑄鋼としては従来 Ni-Cr 鋼が多く使用されているが Ni の資源に乏しい我が國の現状としては極力 Ni の節減を圖らなければならない。元來 Ni は鋼に強靱性の賦與、變態點の降下、焼入性の向上、質量効果の減少等各方面に良好な影響を與えるので、止むを得ないものには Ni を添加している。併し肉厚が餘り大でない場合には Ni-Cr 鋼の代用として Cr-Mo 鋼が使用されている。本研究に於ては Ni が鑄鋼にどんな影響を及ぼすか、又 Ni は鑄鋼に絶對的に必要なものであるか否かを試験した。Cr-Mo 鑄鋼に Ni 添加の諸性質に及ぼす影響に就ては、その一部は既にマクロ組織 (第 3 報) 擴散焼鈍 (第 5 報、第 6 報) 及び結晶粒度 (第 7 報) 等に報告したが、本報告では Cr 1%, Mo 0.25% を含む Cr-Mo 鑄鋼に Ni を 0.5~3% 添加した Ni-Cr-Mo 鑄鋼の硬度と衝撃値に就て試験した結果を報告する。

II. 實 驗 方 法

電解鐵及びフェロアロイと電解鐵の中間合金を以て 2.6kg の鑄鋼をクリプトル電氣爐で熔解した。試料は厚

肉部 $45\times 60\text{mm}$ 及び薄肉部 $17\times 60\text{mm}$ の二種の斷面を有する L 型試験片 (第 1 報第 1 圖) に鑄造した。鑄型は乾燥砂型で砂は朝鮮銀砂に木節粘土を加えたものを使用した。鑄造後載斷して 10mm 角、長さ 55mm、中央に 2mm の丸形溝付標準衝撃試験片を造り、之を $A_{c_3}+50^{\circ}\text{C}$ に 20 分間真空加熱油焼入し、次でこれを $180\sim 700^{\circ}\text{C}$ の各種温度に 1 時間焼戻して硬度及び衝撃値を試験した。硬度はヴィツカースで求め、衝撃値は 10 m.kg のシャルピー試験機を用いたため、12m.kg/cm² 以上の衝撃値は比較出来なかつた。

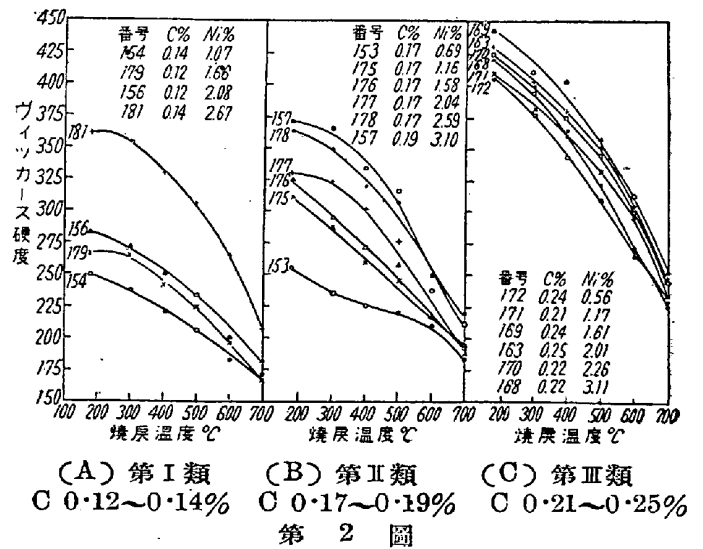
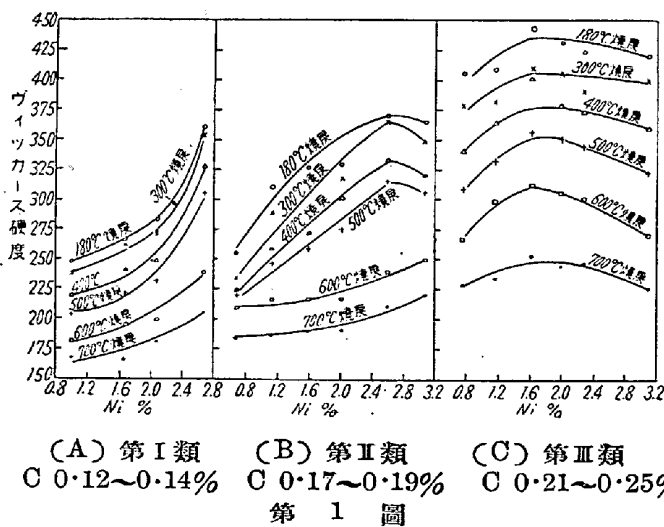
III. 實 驗 結 果

第 1 表は Cr 1%, Mo 0.25% を含む Cr-Mo 鑄鋼に Ni を 0.5~3.1% 添加して Ni の機械的性質に及ぼす影響を試験した試料の成分を示すものである。但し本鑄鋼に於ては C 含量の高いものは著しく靱性が害せられ、Ni の影響が判明し難いので、試料は C 含量 0.25% 迄の比較的低碳素のものを多く作つた。第 1 圖(A)~(C) はその硬度の變化状態を示したものである。(A) は

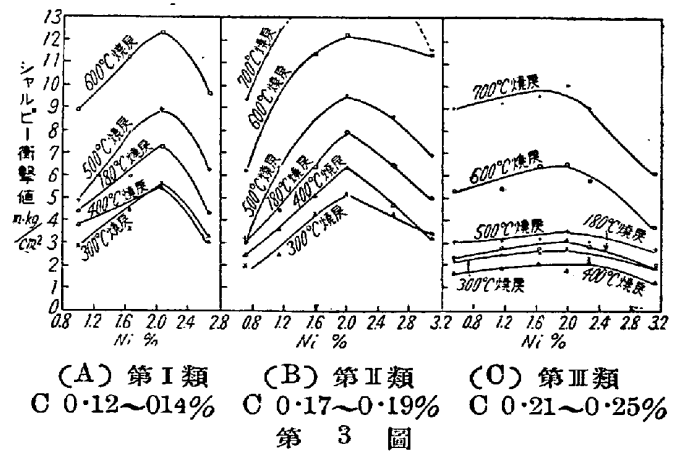
* 九州工業大學金屬工學教室教授 工學博士

第1表 Ni-Cr-Mo 鑄鋼の化學成分

類別	番號	化學成分 %							
		C	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	P	S
第 I 類 C 0.12~ 0.14%	154	0.14	1.07	0.95	0.25	0.61	0.61	0.007	0.025
	179	0.12	1.66	0.90	〃	0.50	0.41	0.014	0.021
	156	0.12	2.08	0.96	〃	0.53	0.62	0.009	0.020
	181	0.14	2.67	0.88	〃	0.51	0.62	0.006	0.015
第 II 類 C 0.17~ 0.19%	153	0.17	0.69	1.05	0.25	0.60	0.66	0.007	0.021
	175	0.17	1.16	0.95	〃	0.51	0.62	0.012	0.015
	176	0.17	1.58	0.97	〃	0.51	0.62	0.007	0.009
	177	0.17	2.04	0.88	〃	0.63	0.57	0.014	0.019
	178	0.17	2.59	0.95	〃	0.51	0.59	0.005	0.008
	157	0.19	3.10	0.95	〃	0.61	0.56	0.009	0.011
第 III 類 C 0.21~ 0.25%	172	0.24	0.56	1.06	0.25	0.59	0.59	0.005	0.008
	171	0.21	1.17	1.25	〃	0.62	0.62	0.004	0.013
	169	0.24	1.61	1.24	〃	0.56	0.56	0.010	0.019
	163	0.25	2.01	1.06	〃	0.61	0.61	0.004	0.014
	170	0.22	2.26	1.28	〃	0.60	0.61	0.010	0.010
	168	0.22	3.11	1.12	〃	0.66	0.67	0.005	0.012



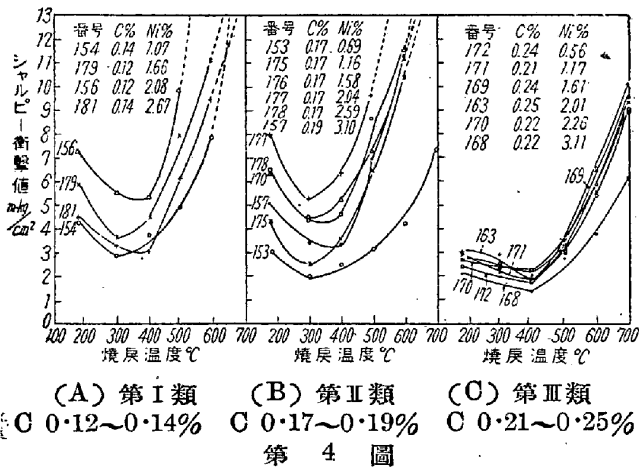
C 0.12~0.14% (第 I 類) の低炭素鑄鋼にして Ni の添加と共に著しく増加する。Ni 2.7% 以上を含むものは特にその傾向が著しい。之は低 Ni の場合には油焼入に依て焼が充分入らないが、Ni の添加と共に焼入性が漸次増加することを示している。(B) は C 0.17~0.19% (第 II 類) の場合にして、硬度は Ni 2.5% 附近迄は相當増加するが、それ以上では寧ろ減少する。又 (C) の C 0.21~0.25% (第 III 類) を含むものは Ni 1.6% 附近で最高硬度を示すが、Ni 添加に依る硬度増加の傾向は少くなる。これは C 自身に依る硬化作用が顯著なため、Ni の影響が減退するものと考えられる。この様に Ni-Cr-Mo 鑄鋼に於ては C 含量の増加と共に Ni 添加に依る硬化作用の減退が認められる。又第 2 圖 (A)~(C) は 180°~700°C の各種焼戻温度の硬度に及ぼす影響を示すもので (A) 及び (B) に於ては低温焼戻の場合に



は Ni 含量の高いもの程硬度の増加が著しいが、高温焼戻をなせば Ni の影響が少くなる。然るに第 III 類の C 0.21~0.25% を含む (C) に於ては何れの焼戻温度のもの

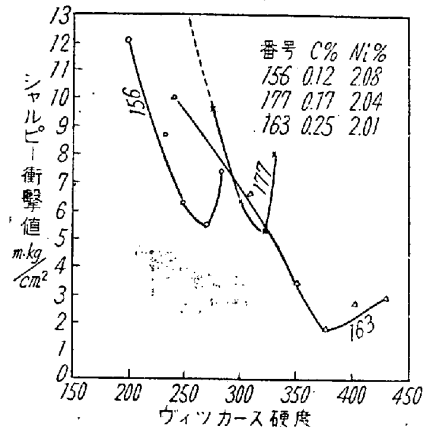
のも Ni 添加の影響が少く、(A) 及び (B) に示す様な傾向は認められない。第 3 圖 (A)~(C) はこの第 1 表に示した成分の Ni-Cr-Mo 鑄鋼を焼戻した場合の Ni 含量の衝撃抗力に及ぼす影響を圖示したものである。この結果に依れば何れの C 含量のものも Ni 2% 迄は衝撃抗力を増加するが Ni がそれ以上過剰になれば衝撃値は低下する。この傾向は C 含量の低いもの程影響が大で C 含量の高い場合には假令適量の Ni を添加しても靱性の改善は期待し難いのである。例えば C 0.21~0.25% を含む第Ⅲ類は第 3 圖 C に示す様に、Ni を添加しても低炭素の場合程著しい靱性の改善が認められず、總體的に衝撃値が著しく減少する。之は第 3 報及び第 4 報で説明した様に、C 含量が 0.17~0.19% 以下の場合には、包晶反應に依てマクロ組織が網状を呈するが、C が 0.21~0.25% のものは樹枝状組織となるため、包晶反應に依て網状組織が微細となつたものは靱性が向上することを示したものである。

次に焼戻温度の影響に就て見るに、元來 Ni-Cr 鋼は焼戻脆性が大であることが一般に認められているが、鑄鋼に於ても同様に焼戻脆性が著しい。第 4 圖 (A)~(C) はその状態を示したものである。本鑄鋼に於ては焼戻脆性の起る温度は 300°~400°C 附近であるが、焼戻温度が 500°C を超ゆれば靱性は著しく向上する。



上述の様に Ni-Cr-Mo 鑄鋼の機械的性質は C 含量が過小の場合には焼入効果が充分でなく靱性も低い、又過剰の場合にも靱性の低下が著しい。この様に本鑄鋼は C 含量の影響を受ける事が極めて大である。例えば靱性の

最高値を示す Ni 2% のものに就て、縦軸に衝撃値を横軸にウィツカース硬度を取つて硬度—衝撃値關係曲線を求めれば第 5 圖の様に C 0.17~0.19% を含むものは他のものに比較して強靱性が優れている。併し Ni-Cr-Mo 鑄鋼は總體的に Cr-Mo-Si 鑄鋼或は次報に述べる



第 5 圖

Cr-Mo-Mn 鑄鋼, Ni-Cr-Mo-Mn 鑄鋼に比較して硬度の點で遜色があり、硬度を高むるために C を増加すれば、靱性が激減する傾向があるから強靱鑄鋼としての期待が比較的低い。

IV. 結 言

以上の結果を要約すれば大體次の通りである。

- (1) Cr-Mo 鑄鋼に Ni を添加すれば、C 含量の少い場合には Ni 添加の影響が硬度に著しい影響を及ぼすが C 含量が高くなれば C 自身に依る硬化のため Ni 添加の影響が減退する。
- (2) 低炭素鑄鋼では低温焼戻の場合には Ni 含量の高いもの程硬度の増加が著しいが、高温焼戻をなせば Ni の影響が少くなる。然るに高炭素鑄鋼では何れの焼戻温度に於ても Ni 添加の影響が認められない。
- (3) Ni 2% 迄は衝撃抗力を増加する。而して高炭素のものは Ni 添加に依る衝撃抗力の向上が少い。
- (4) 焼戻温度 300~400°C に第一焼戻脆性が現れるが、焼戻温度が 500°C 以上になれば靱性は著しく増加する。
- (5) Ni-Cr-Mo 鑄鋼は強靱鋼としての期待が比較的薄い。(昭和 26 年 4 月寄稿)