

Table 3. Mechanical properties of 21Cr-12Mn-36Ni-0.35 steel.

Testing temp. (°C)	Yield strength (0.2%) (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Impact value (kg·m/mm ²)	Hardness HRC	Weight loss (PbO) (g/dm ² /hr)
18	35.5	81.6	8.5	8.5	1.4	24	—
800	25.8	30.6	29.0	49.0	2.4	—	5.0 at 1000°C

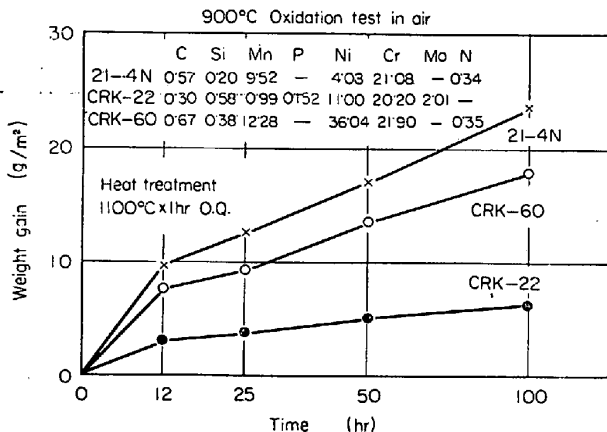


Fig. 5. Results of 900°C oxidation test in air of 21-4N, CRK-60 and CRK-22.

系における Ni の影響は Fig. 4 に示すごとく、9Mn系とほぼ同様の傾向を示し、耐食性は Ni の添加量とともに向上する。Ni が 36% 付近で超耐熱鋼に匹敵する耐食性が得られ、それ以上 Ni を添加しても耐食性はほとんど変化しないようである。

Fig. 5 は 21Cr-12Mn-36Ni-0.35N 系の CRK-60 の 900°C 大気中における酸化試験結果を示したもので、比較材に 20Cr-11Ni-2Mo 系の CRK-22、21Cr-9Mn-4Ni 系の 21-4N 鋼の結果を示した。CRK-60 は Mn を 12% と多量に含有するため耐酸化性は CRK-22 に比べあまり良くないが 21-4N 鋼に比べるとかなり耐酸化性の良好なことが分る。CRK-60 の常温ならびに 800°C 高温における機械的性質の 1 例を示せば Table 3 のごとくである。

4. 結 言

レーサーなど特殊車に使用される排気弁用鋼は Nimonic 90 などの超耐熱鋼に匹敵するすぐれた酸化鉛耐食性が要求される。この要求をみたし、かつ超耐熱鋼よりも低廉な鋼種を得ることを目的に実験を行なった結果、21Cr-9Mn-N 系および 21Cr-12Mn-N 系の酸化鉛耐食性は Ni の添加によりじよじよに向上し、Ni 36% 以上になると非常に耐食性が良好となり超耐熱鋼に匹敵しうることがわかった。硬度は Ni の添加量とともに低下するが Mn を増加し、N の固溶量を多くすることにより硬度の低下を少なくすることができる。耐酸化性は 21Cr-12Mn 系においても 21-4N 鋼に比べかなり良好である。

文 献

- 1) 日下: 特殊鋼, 11 (1962), p. 38
- 2) L. F. DUMONT: Ind. Eng. Chem., 45 (1953), p. 1336
- 3) S. D. HERSON: Metal Progress, 37 (1940), p. 541

- 4) M. J. TAUSCHEK: Auto. Ind., 1 (1955), p. 52
- 5) M. J. TAUSCHEK: Handbook of Mechanical Wear, (1961), p. 252
- 6) 日下, 生嶋: 金属学会誌, 30 (1966), p. 226
- 7) 日下, 山崎: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 737
- 8) Metals Handbook (ASM), (1961), p. 626

SAE 51440C におよぼす Mo の影響について*

山陽特殊製鋼

工博 結城 晋・梶川和男・坪田一一

The Effect of Mo on the Properties of SAE 51440C

Dr. Susumu YŪKI, Kazuo KAZIKAWA and Kazuichi TSUBOTA

1. 緒 言

SAE 51440C は耐熱耐食軸受用鋼、バルブその他に使用されるが、Mo の規格が <0.75% とあるのみで、その定量的な影響が明白でない。そこで Mo 量を同一ヒート内で 3 段階に変えて溶製し、その影響を調査した。鋼中の Mo は焼入性と焼もどし軟化抵抗を増大させるとされているが、440°C では特に焼入性に効果があり、機械的性質その他にはあまり差が見られなかった。

2. 供 試 材

供試材は 150 kg 高周波炉にて溶解し、50 kg 鋼塊に Mo 投入量を変えて上注 3 本取りとし、これを 70φ と 30φ に鍛伸して供試材とした。Table 1 に化学成分を示す。

70φ の試片は被削性試験(ドリルテスト)と Uカーブ作成に用いその他の試験はすべて 30φ の試片によつて行なつた。

なお、Photo. 1 に 30φ 試片の焼入-焼もどし組織を示す。

3. 実 験 結 果

3.1 焼入性におよぼす Mo の影響

焼入性におよぼす Mo の影響を調査するために JISG 0561 による Jominy 試験片を作成し、1050°C に 30 min 保持後、一端焼入試験を行なつた。1050°C は焼入カタサ-焼入温度曲線において、ピークのかたさの得られる温度である。結果を Fig. 1 に示す。これによつてわかるように焼入カタサは Mo 量の順にほぼ平行になり Mo が焼入性に影響のあることがわかる。また Uカーブによつてもこの傾向が見られ、やはり Mo 量の多いほど、焼

* 第72回講演大会にて発表 講演番号 253 昭和41年11月10日受付

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

No	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
440C	0.95~1.20	<1.00		<0.030		—	16.00~18.00	<0.75	—
A	1.13	0.23	0.68	0.021	0.025	0.18	16.65	Tr	0.13
B	//	//	//	//	//	//	//	0.27	//
C	//	//	//	//	//	//	//	0.57	//

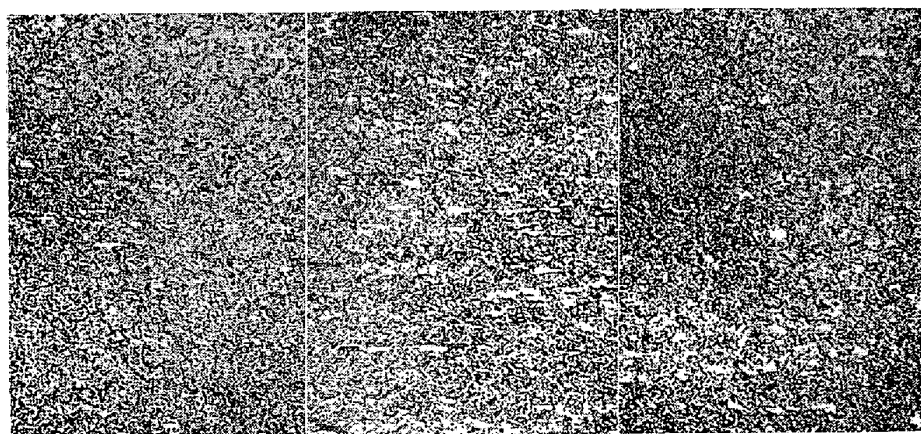


Photo. 1. Microstructure of U-curve specimen. $\times 400$ (2/3)
 1050°C×hr oil quenched -500°C×2.5hr tempered

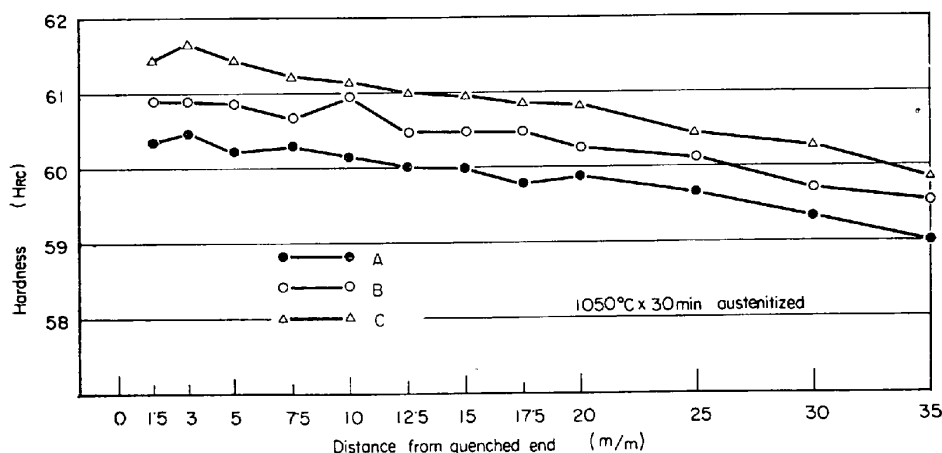


Fig. 1. Hardenability test-Jominy test.

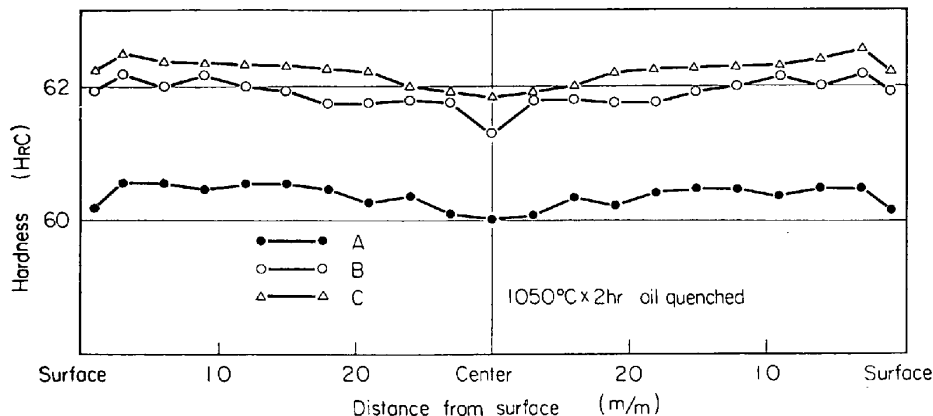


Fig. 2. Hardenability test-U curve.

入性は良好である。結果を Fig. 2 に示す。

試片形状は $60\phi \times 100$ l 熱処理条件は $1050^\circ\text{C} \times 2\text{hr}$ oil quenched である。カタサ測定位置は長さ方向の中央部断面である。Fig. 1 の場合とかなり傾向が異なるのは保持時間の差によるものと考えられ A-B 間のカタサの差より B-C 間のカタサの差が小さいのは Mo の焼入性への効果が飽和してくる傾向を示していると考えられる。

なお、焼もどし抵抗性にも若干の差が見られ、Mo 含有量が多いほど高いカタサが得られるが Mo 0% と Mo 0.57% の間で HRC 1 以内の差であつた。

3.2 高温カタサにおよぼす Mo の影響

一般に鋼を軸受用鋼として用いる場合、最も大きな問題となるのはカタサである。ころがり軸受としては、カタサが高いほどよいとする説¹⁾と、どこかに最適カタサがあるとする説²⁾があるが、いずれも HRC 64 までは高いほどよいとしている。したがって、常温、高温に関係なく、カタサは高いほど (HRC 64 まで) 望ましい。特に高温の場合軟化傾向が少ないほどよいわけである。Fig. 3 は Mo の高温カタサにおよぼす影響を日本光学製高温微小カタサ計 (荷重 300 g) で測定したものであるが Mo 含有量最大のものが最高カタサを示している。ただ 400°C 以上ではほとんど差がなく 100°C 以上ではむしろ Mo 0 のもの (No. A) のほうが Mo 0.27 のものより高いカタサを示すなどその効果は明白でないが、Mo 0.57% のものが高温カタサが高い。ただし一般的に同一鋼種で

Table 2. Effect of chemical composition on the mechanical properties of SAE 51440C.

No	Compressive breaking test*1		Bending test*3		No	Charpy impact value*4	
	Hardness H _{RC}	T. S.*2 (kg/mm ²)	Hardness H _{RC}	T. S.*2 (kg/mm ²)		Hardness H _{RC}	Impact value (kg/cm ²)
A	58.6	257.5	57.1	258.0	A	53.8	1.08
	58.9	252.5	57.0	253.5		53.2	1.08
	59.0	227.5	57.8	203.5			
B	58.7	307.0	57.7	226.0	B	55.0	1.08
	58.8	276.0	57.5	253.0		55.5	1.08
	58.0	252.5	57.4	247.5			
C	59.9	260.0	57.3	250.0	C	56.1	1.20
	59.0	257.5	58.0	244.0		56.5	1.33
	60.0	252.0	58.3	220.5	C ¹ *5	55.5	1.08
						54.0	1.08

*1 1050°C O. Q. 500°C A. C. shape of specimen O. D.=25φ, I. D.=15φ, H=10 mm.

*2 Calculated from reference (4) 1050°C O. Q. 500°C A. C.

*3 Shape of specimen 10 mm×10 mm×60 l gauge length 50 mm.

*4 1050°C O. Q. 500°C F. C. (30°C/hr).

*5 1050°C O. Q. 525°C A. C. Mo 0.57%.

Shape of specimen

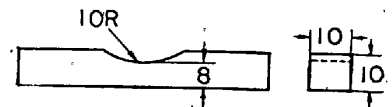


Table 3. Result of hot torsion test.

T. P. No	Test condition	Mo (%)	Mo _x torque (kg-m)	No of revolution
A-1	1150°C 218 rpm	0	2.6	4.7
A-2	"	"	2.6	4.7
A-3	"	"	2.9	4.9
B-1	"	0.27	2.8	4.4
B-2	"	"	3.0	5.4
B-3	"	"	2.9	4.4
C-1	"	0.57	2.8	3.7
C-2	"	"	2.9	4.4
C-3	"	"	2.9	4.0

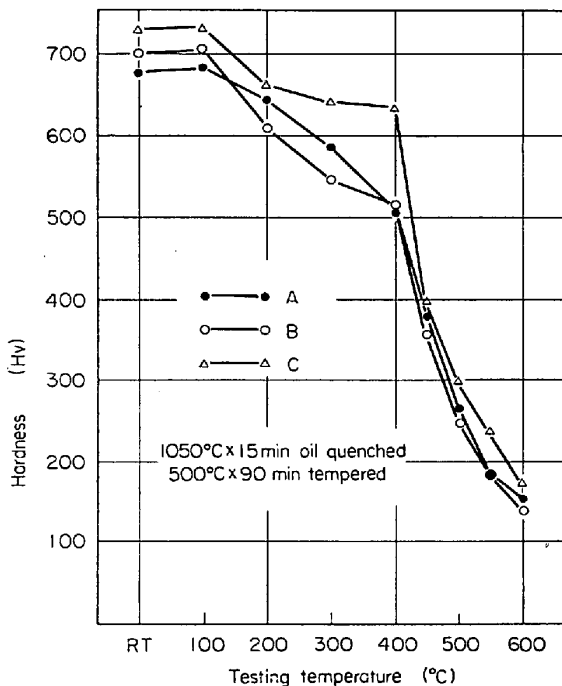


Fig. 3. Effect of composition on hot hardness of SAE51440C.

は常温でのカタサが高いほど高温カタサも高いといわれているところから³⁾ Mo が高いために高温カタサが高いのではなく、常温カタサが影響しているとも考えられる。なお同一温度に長時間保持した場合の高温カタサは実験していない。しかしこの場合も Mo はよい効果を持つと考えられる。

3.3 機械的性質におよぼす Mo の影響

機械性質としてリング圧壊試験、曲げ試験、衝撃試験を行なった。通常の引張試験は非常にバラツキが大きく満足な結果が得られなかつたので中止した。結果を Table 2 に示す。圧壊試験片は外径 25φ, 内径 15φ, 高さ 10 mm, 曲げ試験片は 10 mm 角, 支点間距離 50

mm のものを用いた。なお、表中引張強さは文献 (4) によつて求めたものである。表中かなり高い値を示しているものもあるが、全般に引張強さにおよぼす Mo の影響はないと考えられる。

さらに、衝撃値については H_{RC} 60 前後の高カタサ域ではきわめて低い値を示すので、高カタサでの衝撃試験は行なわなかつた。Table 2 に示すように、焼もどし時に炉冷したのは、焼もどしせい性への Mo の影響をこの鋼種について調査する目的で行なつた。Table 2 によると Mo 0.57% のものがわずかに高いとはいえ、その影響はほとんど認められず、同一カタサに焼もどしを行なつて空冷したものと変らない値となつている。いずれにせよ Mo は機械的性質には影響しないと考えられる。

3.4 熱間加工性におよぼす Mo の影響

熱間加工性におよぼす Mo の影響を熱間ねじり試験によつて行なつた。試験温度として 1150°C を選び、最大トルクとねじり回数によつてその影響を調査した。試験結果を Table 3 に示す。最大トルクには差がないようであるが、ネジリ回数に差が大きく、やはり Mo は熱間加工性を劣化させると考えられるが、それほど大きな影響はない。なお、試片形状は平行部 10φ×30 l コーナ一部 10R である。

3.5 被削性におよぼす Mo の影響

Table 4. Test condition and result of machinability test.

Test condition	Cutting condition	Result			
			Mo 0	Mo 0.27	Mo 0.57
Drill Material SKH-9 Point angle 118° Lip relief angle 10°	Cutting speed 535 rpm Feed 0.1 mm/rev	Torque (kg-m)	36.0	35.6	37.4
		Thrust (kg)	89.8	93.7	97.7

被削性において問題となるのは、ベアリングの場合、旋削よりむしろ、せん孔であるのでここではドリルテストによつて行なつた。このドリルテストとはドリルを一定回転数と一定送りの条件の下に試料をせん孔し、その時の回転に対するトルクと送りに対する推力を測定し、これらの値が大きいほど、被削性は劣るとするものである。試験条件と結果を Table 4 に示す。トルクよりスラスト荷重に差が見られ、Mo の増加とともに若干被削性が劣化するようである。

3.6

その他変態点の測定を川鉄計量器製の差動トランスを使用した変態点測定装置により加熱冷却変態点を測定した結果、Mo の影響は見られず、Ms 点では Mo を 0.27% 含有することによつて約 20°C 上昇するが Mo 0.27% と 0.57% の間ではほとんど差が見られなかつた。

4. 結 言

以上の結果から Mo は焼入性、焼もどし軟化抵抗、高温カタサ、熱間加工性、被削性に影響があるが、主として焼入性への影響が大きい。したがつて、焼入カタサにおいて HRC 1~2 の差が問題となる場合のほかはあまり多量に含有させる必要はないと考えられる。なお、転動疲労寿命と耐食性への Mo の影響は本調査では省略した。

文 献

- 1) E. V. ZARETSKY and W. J. ANDERSON: Proc. Amer. Soc. Test Mat., 60 (1960), p. 627
- 2) R. A. BANGHMAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., Ser-D 82(1960) 2, p. 287
- 3) 日下, 村井: 鉄と鋼, 50 (1964)4, p. 635
- 4) 出口: 鉄と鋼, 39 (1953) 10, p. 1150

Cr 含有低合金鋼の機械的性質におよぼす Nb, Mo 添加の影響について*

(Cr 含有低合金鋼における Nb, Mo 添加の影響について— I)

富士製鉄, 中央研究所

工博 村木潤次郎・橋本勝邦・関口 進

On the Effect of Nb and Mo Additions to Cr Bearing Steels on Room Temperature Properties

(On the effect of Nb and Mo additions to Cr bearing steels— I)

Dr. Junjiro MURAKI, Katsukuni HASHIMOTO and Susumu SEKIGUCHI

1. 緒 言

近年、構造用鋼に Nb を添加して、その細粒化効果および Nb 化合物の析出強化作用の両者によつて強化を計る。いわゆる Nb 処理鋼の開発が盛んである¹⁾。わが国においてもすでに数鋼種が実用化され販売されている現状であるが、これらはいずれも常温で使用される普通鋼材に対する Nb の強化機構の利用であつて、高温性質に対する利用面の研究としてはステンレス系耐熱鋼の場合が多く²⁾、フェライト系低合金鋼の場合は比較的少ない³⁾。われわれは低級高温用鋼の基本系として Cr 含有鋼を想定し、それに対する Nb の効果ならびに Mo を併用した場合の効果を調査した。第 1 報は主として常温の機械的性質におよぼす影響をのべたものである。

2. 実験経過

試験材は基本組成を 0.13% C, 0.10% Si, 0.50% Mn, 2.25% Cr とし、これに Nb を 0.01~0.10% 添加した Cr-Nb 系鋼 4 種と Mo を 0.25% と 0.50% 添加し、さらに Nb を加えた Cr-Mo-Nb 系鋼 3 種、さらに C, Cr, の量を基本組成の半分にしたもの 3 種、合計 11 種を高周波炉で 100 kg ずつ溶製し、20 mm 板厚に鍛造し、放冷した。各鋼種の組成は Table 1 に示すとおりである。

鍛造のままの組織の 1 部を Photo. 1 に示す。これらの組織は鍛造後の冷却速度がいくぶん早かつたため、概して中間段階組織になりやすく、この傾向は Mo の添加の場合にさらに著るしく、Photo. 1-a の基本材および Photo. 1-b の Cr-Nb 系鋼ではフェライト+中間段階組織であるが Photo. 1-c の Cr-Mo-Nb 系鋼ではほとんどフェライト地の部分がなくなり中間段階組織となつている。また逆に Photo. 1-d は Cr-Nb 系鋼の Cr

* 第72回講演大会にて発表 講演番号 242 昭和41年11月10日受付