

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

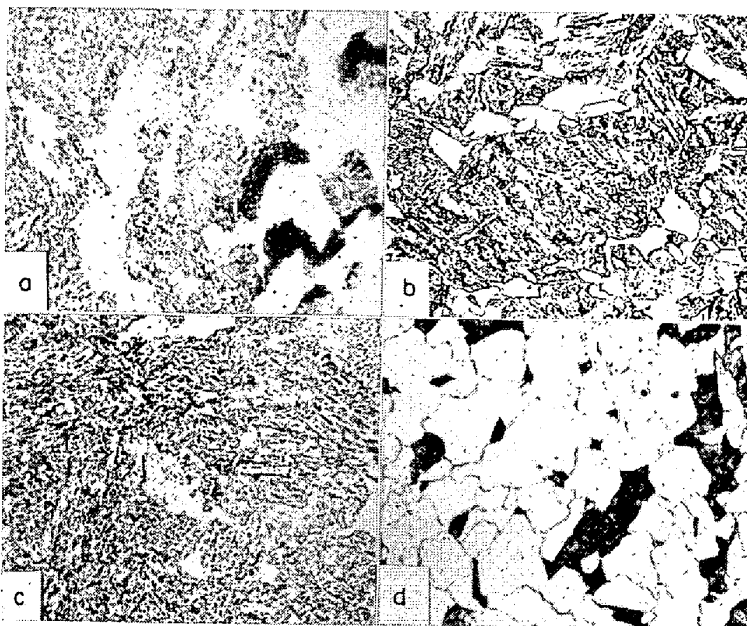
試験材は基本組成を 0.13% C, 0.10% Si, 0.50% Mn, 2.25% Cr とし、これに Nb を 0.01~0.10% 添加した Cr-Nb 系鋼 4 種と Mo を 0.25% と 0.50% 添加し、さらに Nb を加えた Cr-Mo-Nb 系鋼 3 種、さらに C, Cr, の量を基本組成の半分にしたもの 3 種、合計 11 種を高周波炉で 100 kg ずつ溶製し、20 mm 板厚に鍛造し、放冷した。各鋼種の組成は Table 1 に示すとおりである。

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

Table 1. Analysis of Cr steels containing Nb and Mo.

No. of specimen	Contents (wt.%)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Nb
S-1	0.130	0.13	0.79	0.017	0.024	2.02	—	—
S-2	0.146	0.07	0.56	0.007	0.045	2.29	—	0.013
S-3	0.091	0.11	0.53	0.007	0.018	2.22	—	0.026
S-4	0.127	0.16	0.55	0.006	0.029	2.25	—	0.051
S-5	0.123	0.16	0.49	0.007	0.026	2.22	—	0.130
S-6	0.129	0.095	0.47	0.014	0.025	2.37	0.22	0.014
S-7	0.121	0.062	0.54	0.013	0.025	2.29	0.25	0.108
S-8	0.101	0.080	0.54	0.008	0.026	2.26	0.47	0.120
S-9	0.075	0.12	0.53	0.006	0.035	2.27	—	0.103
S-10	0.133	0.12	0.56	0.013	0.025	1.12	—	0.008
S-11	0.133	0.10	0.50	0.010	0.027	1.29	—	0.108



×400 (2/3)

a) Base steel, b) Cr-Nb steel, c) Cr-Mo-Nb steel, d) 1% Cr-Nb steel
Photo. 1. Microstructures of specimen in forged condition.

量を基本材の 1/2 としたものであるが、前3者に比べてフェライト地が拡大され中間段階組織になりにくい傾向となっている。

これらの鋼の機械的性質は、引張強さで基本材は 70 kg/mm² 程度、Cr-Nb 系鋼は 5 kg/mm² 位高く 75 kg/mm² 程度、Cr-Mo-Nb 系鋼では 95 kg/mm² 程度、1%Cr-Nb 系鋼では 55 kg/mm² 前後と組織とよく対応している。0.2% 耐力についても同様な傾向で、基本材は 40 kg/mm²、Cr-Nb 系鋼では 50 kg/mm²、Cr-Mo-Nb 系鋼では 65 kg/mm²、1%Cr-Nb 系鋼では 35~40 kg/mm² 程度となつている。一方衝撃値については 1%Cr-Nb 系鋼が最も良い値を示し、次に Cr-Nb 系鋼および Cr-Mo-Nb 系鋼の順に悪くなつており、引張強さ、あるいは 0.2% 耐力と逆の関係を示している。しかし、最も衝撃値の良かった S-9 材においても vEo が 2 kg-m しか出ず、実用鋼の切欠靱性としては不十分であることが分つた。

ここで本来の目的として考えている高温長時間加熱に際して Nb 化合物の析出を助長し、クリーブ特性の改善

を計るという点には矛盾するが、上記のような不十分な切欠靱性を改善するために止むを得ない手段として焼準処理を行ない、その機械的性質の変化も併せて調査した。

焼準処理は 920°C 保持後空冷とし、この時の顕微鏡組織は基本材、Cr-Nb 系鋼および 1%Cr-Nb 系鋼はフェライト+パーライトに近い組織となり、Cr-Mo-Nb 系鋼は中間段階組織が残る、フェライト+中間段階組織となつている。

機械的性質は、引張強さでは基本材が 50 kg/mm² 弱、Cr-Nb 系鋼は 52~53 kg/mm²、Cr-Mo-Nb 系鋼で 65 kg/mm² 程度、1%Cr-Nb 系鋼で 45 kg/mm² 位と鍛造のままに比べて 10~30 kg/mm² の低下を示している。また、0.2% 耐力でも基本材 Cr-Nb 系鋼では 37~40 kg/mm²、Cr-Mo-Nb 系鋼で 40~50 kg/mm²、1%Cr-Nb 系鋼で 35 kg/mm² 程度で引張強さと同様に 10~25 kg/mm² の低下が見られる。これらの結果から焼準処理によって細粒化するが、0.2% 耐力におよぼす Nb の効果が殆んど消失してしまつたことが分る。これは析出硬化が完全に失なわれたことを示すものであろう。一方 vTr₁₅ で判定した

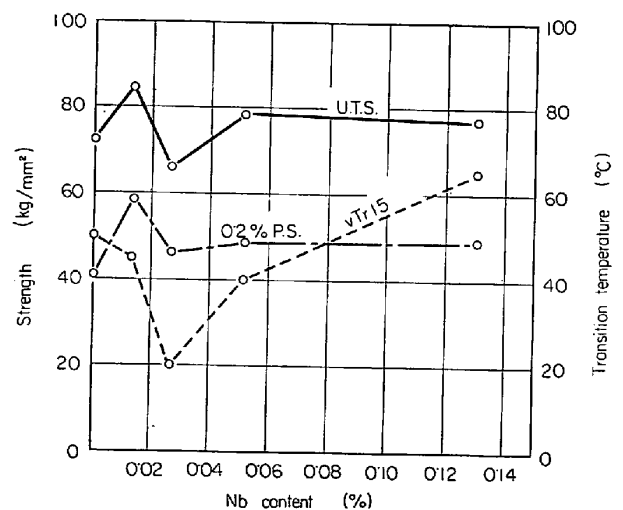


Fig. 1. Effect of Nb content on mechanical properties. (Specimen as forged)

衝撃特性は、鍛造のままに比べてすべて 50~100°C 低温側に移行し、かなり改善されている。

以上の結果を Nb あるいは Mo 添加の量的関係で示したものが Fig. 1~4 である。Fig. 1 は鍛造のままの機械的性質と Nb 量の関係であるが、Nb 量 0.01~0.03% まで引張強さ 0.2% 耐力とも急激に増加し、それ以上添加量を増しても顕著な増加はなく余り効果がない。また vTr_{15} で判定した切欠靱性の点では 0.01~0.03% で最も低温側に移行し、その後添加量を増すと再び高温側に移行する傾向が認められた。同図で Nb 0.026% 添加の強度が下つているのは、C 量が特に低かつたためであり Nb の影響ではないと考えている。Fig. 2 は 0.1% Nb を含む鋼の鍛造のままの機械的性質に対する Mo 添加量の影響であるが、添加量に伴って強度は単純に上昇している。 vTr_{15} は添加量によつて余り変化せず特に著しい影響はない。Fig. 3 は焼準材に対する Nb 添加量の影響であるが、既に予想していたとおり Nb の炭窒化物の

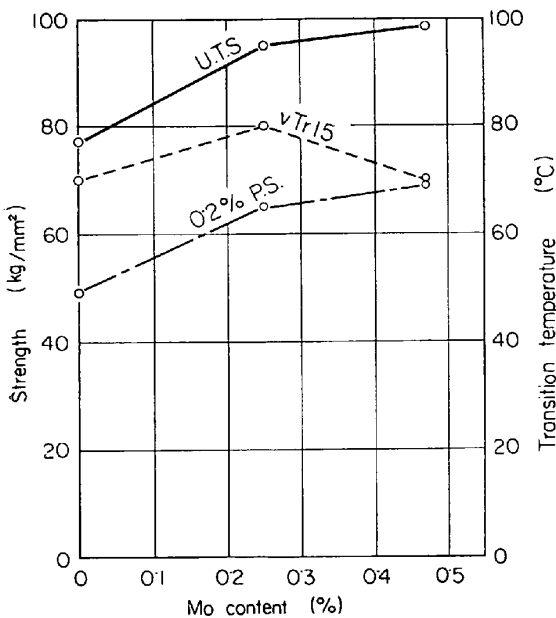


Fig. 2. Effect of Mo content on mechanical properties. (Specimen as forged)

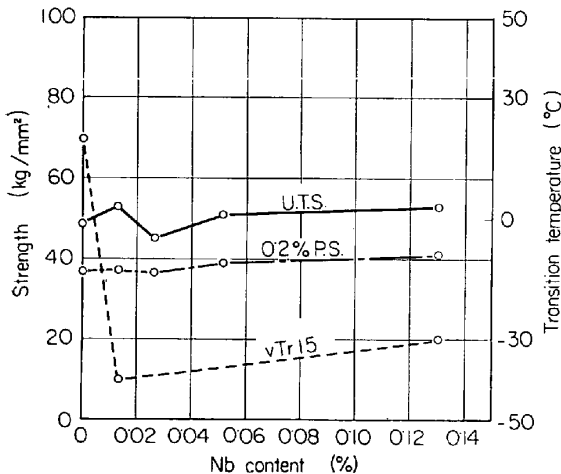


Fig. 3. Effect of Nb content on mechanical properties. (Specimen normalized)

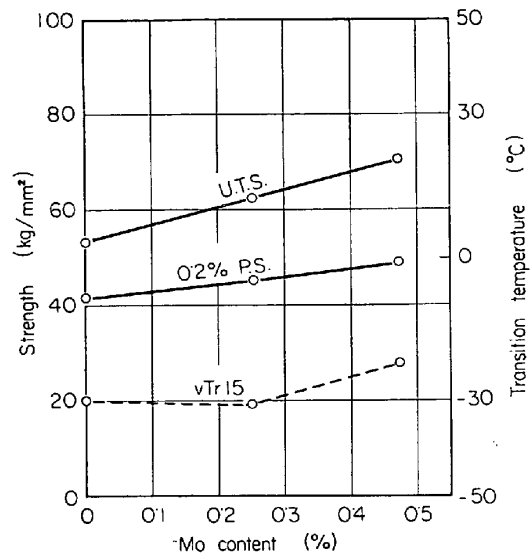


Fig. 4. Effect of Mo content on mechanical properties. (Specimen normalized)

析出硬化作用が失なわれて強度が低下し、強度に対する Nb 添加量の影響はほとんど認められない。一方切欠靱性 (vTr_{15}) は 0.01% 程度で著るしく改善されるが、それ以上添加量を増加させても、あまり変化はない。Fig. 4 は 0.1% Nb を含む鋼の焼準材に対する Mo 添加の影響を示すが、鍛造のままの場合とほとんど同じで Mo 量に応じて強度が増加し、若干切欠靱性は低下する。Mo 添加鋼の場合組織変化による強度低下はあるが Nb のように焼準によつてその効果の大半が失なわれるようなことはない。

3. ま と め

鍛造のままの強度向上に対しては Nb 0.01~0.03% 以上の添加はあまり効果がなく従来の Nb 処理鋼の結果とも一致している⁴⁾。Mo は添加量に応じて強度上昇は著るしく、これについては従来の知見と同じ傾向であるが Nb との複合作用によつてさらに強化されていると考えられる。しかし、鍛造のままでは切欠靱性が十分でないので焼準処理が必要となる。焼準処理は強度が低下し、高温性質への寄与も失なわれることが予想されるが、止むを得ざる処置として取上げ鍛造材の機械的性質と比較した。

文 献

- 1) 例えば R. PHILLIPS, W. E. DUCKWORTH and F. E. L. COPPLEY: J. Iron and Steel Inst. (U.K.), 202 (1964), p. 593
伊藤, 岩永: 住友金属, 17 (1965), p. 52 など
- 2) 例えば E. J. HEELEY, A. T. LITTLE and D. F. DERBYSHIRE: J. Iron and Steel Inst. (U.K.), 200 (1962)
V. CIHAL and J. JEZEK: 202 (1964), p. 124
- 3) R. M. GOLDHOFF and H. J. BEATTIE, JR: Trans. Amer. Soc. Metals, 57 (1964), p. 494
- 4) F. de KAZINCZY, A. AXNÄS and P. PACHLEITNER: Jernkont. Ann., 147 (1963) 4, p. 408