

その結果はやはり Mn, Cr 含有量の差の影響として説明されることを認めた。

以上のように含有元素の添加量の差によつておこる焼歪の程度は前述のように相当いちじるしいものであることが認められるので、これについて実用鋼との関連を明らかにするために Table 1 に示した JIS SKS 3 に相当する鋼M, 鋼Hの2種の市販鋼を採り、焼入温度と焼歪との関係をしらべた。その結果は Fig. 3 に示すとおりである。これを前述の 12 種の鋼試料に対比すると Mn, Cr 量の少ない鋼Mは S1 あるいは S4 に類似した変化を示し、また Mn, Cr 量の多い鋼Hは S3 あるいは S6 に類似した変化を示している。さらにこれらのうち 850°C 油冷試料を 150°C に焼戻すとき鋼Mは S1, S4 などの試料と同様になお相当の変形量を示すのに対して、鋼Hにおいては S3, S6 などの試料と同じくほとんど焼入前の寸法に復することが認められる。このようにこの種の鋼は同一条件の硬化熱処理によつても Mn, Cr の添加量のいかんによつていわゆる変形についての balanced type の状態をとることが困難な場合と容易な場合とがあつて、このことは焼歪防止の面からみて注目すべきことであると考えられる。

IV. 結 言

この研究では不変形を目的とする Mn, Cr, W などを含む比較的低合金の工具鋼の硬化処理にともなう変形と合金元素との関連を検討し、さらにこの種鋼の焼歪防止について実用鋼をも含めて考察した。

た。しかし、Mo 単独添加では Cr-Ni 当量のバランスがくずれするため、Mn, N, V の同時添加により所期の目標の鋼 SSM-2 を得ることができたので、その特性について SAE 51432 鋼と比較報告する。

II. 供 試 材

供試材の化学成分および SAE 51431 鋼の規格を Table 1 に示す。いずれも塩基性アーク炉にて 2t 溶解し、200 kg の鋼塊を作り、16mm の丸棒に圧延して試料に供した。

III. 試 験 結 果

1) 常温機械的性質

Fig. 1 に、1,000°C × 30 mn O. Q. 後、400°C ~ 700°C の温度で焼戻しを行なった素材より製作した JIS 4 号試験片の常温引張試験結果を示す。SSM-2 は SAE 51431 に比し、引張強さが高く、とくに 500°C 以上でその差がいちじるしい。650°C ~ 700°C に焼戻しても 120 kg/mm² 以上の引張強さを有し、非常に軟化し難いことを示している。また 500°C 近辺で二次硬化が見られ、伸び、絞りは SAE 51431 に比べかなり低下している。しかし 750°C, 700°C, 650°C の3段焼戻しで使用する実用状態ではこれが相当回復し、SAE 51431 と比べ、引張強さが高いにもかかわらず、ほぼ匹敵する伸び、絞りを示している。

2) 熱間短時間引張試験結果

1000°C × 40mn O. Q., 750°C × 2h A. C., 700°C

669.14.018.85.669.15'24'26-194.539

(147) SAE 51431 鋼の高温特性の改善に関する研究

大同製鋼研究所

工博 藤原 達雄・○荒川 昭夫

Study on Improvement in High Temperature Properties of SAE 51431 Steel.

Dr. Tatsuo FUJIWARA and Akio ARAKAWA.

I. 緒 言

SAE 51431 鋼は 16% Cr 鋼に 2% Ni を添加し、0.2% 以下の低炭素でも焼入硬化するように作られている。耐海水用、バネ用、航空機ボルト用、ケーブル端子用ステンレス鋼として用いられるほか、わが国では比較的最近高温高压バルブ用鋼として使用されている。バルブに対する用途において、次第にその性能向上が要求され、とくに高温強度においてそのままでは満足されなくなつたので、Mo 添加による高温強度の増加が考えられ

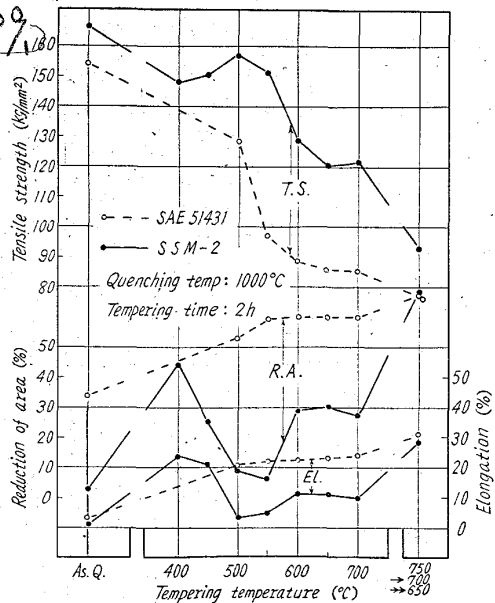


Fig. 1. Effects of tempering temperature on mechanical properties.

Table 1. Chemical compositions (wt.%) steels tested.

Steels	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	N
SAE51431	0.16	0.75	0.76	0.019	0.019	0.13	2.14	16.47	—	—	—
SSM-2	0.17	0.21	1.63	0.044	0.010	0.14	1.96	15.12	0.52	0.13	0.13
SAE Standard No. 51431	≤0.20	≤1.00	≤1.00	≤0.04	≤0.030	—	1.25 ~2.50	15.00 ~17.00	—	—	—

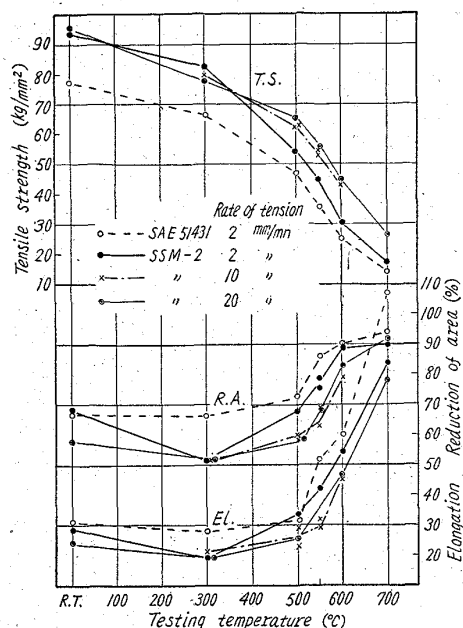


Fig. 2. Short-time tensile properties at elevated temperature.

×2h A. C., 650°C ×2h A. C. なる熱処理を施した素材から 7mm φ JIS 4号試験片を作り, 300°C ~700°C の温度で引張試験を行なった結果を, Fig. 2 に示した. 両鋼種共試験温度が高くなるにしたがって引張強さは下り, 500°C 以上ではその傾向がいちじるしい. SSM-2 は SAE 51431 よりすべての温度で高い強度を示しており, 550°C における 2mm/mn の引張速度では SAE 51431 は 35 kg/mm², SSM-2 は 44 kg/mm² でその差は 9 kg/mm², 600°C では SAE 51431 は 25 kg/mm², SSM-2 は 30 kg/mm² でその差は 5 kg/mm² である. 引張速度を速くすると SSM-2 の引張強さは大きく上昇し, 20mm/mn では 550°C において 56 kg/mm² の値となり, 2mm/mn の場合より 12 kg/mm² 高く, 600°C においては 44 kg/mm² で, 約 14 kg/mm² 高い値を示している. SSM-2 の伸び, 絞り は SAE 51431 に比べ全般的に引張強さが高い割合に低下の度合は少ない.

3) クリープ破断試験

1000°C ×40 mn O. Q., 750°C ×2h A. C., 650°C ×2h A. C. なる熱処理を行ない, 550°C, 600°C, 650°C および 700°C の温度でクリープ破断試験を行なった. そ

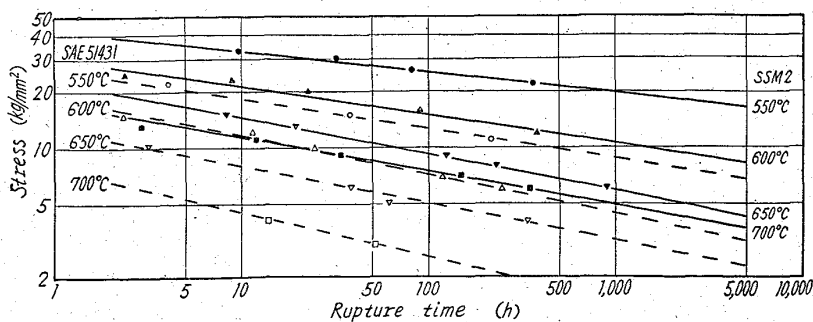


Fig. 3. Stress-rupture curves at various temperatures.

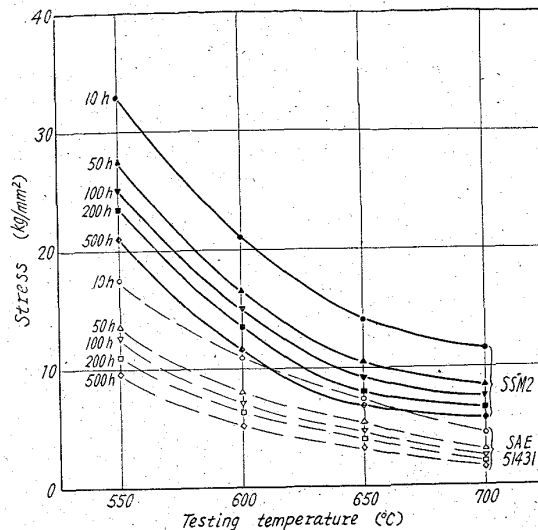


Fig. 4. Relation between rupture stress and testing temperature for various rupture times.

の結果を Fig. 3 および Fig. 4 に示す. Fig. 3 は応力一破断時間曲線で SSM-2 は SAE 51431 に比し, 各温度で非常に高い破断強度を示す. SSM-2 の 2,000h 破断に対応する SAE 51431 の破断時間は 550°C で 1/200, 600°C で 1/77, 650°C で 1/23, 700°C で 1/182 である. また 100h 破断の SSM-2 と SAE 51431 の破断応力を比較すると, 550°C で 25 kg/mm²/12.5 kg/mm², 600°C では 15 kg/mm²/7.2 kg/mm², 650°C では 9.2 kg/mm²/5 kg/mm², 700°C では 7.5 kg/mm²/2.6 kg/mm² で, 550~650°C においては SSM-2 は約 2 倍の値を有する. Fig. 4 は 10h, 50h, 100h および 500h 破断応力と温度との関係を示したもので, SSM-2 は SAE 51431 よりいちじるしく高い破断応力を示す. SSM-2 の 630°C における破断に対応する SAE 51431 の破断温度は各時間とも 556°C ~565°C で 65°C ~75°C 低くなっている.

4) 衝撃試験

1000°C ×40 mn O. Q., 750°C ×2h A. C., 650°C ×2h A. C. した JIS 4号試験片により -80°C ~80°C 間における衝撃試験を行なった. 各温度にわたって SSM-2 は SAE 51431 より衝撃値がやや低く, また遷移温度はやや高い. しかし -80°C においても SSM-2 は, 2.3 kg-m/cm², SAE 51431 は 3.3 kg-m/cm² の値を示し, 0°C 以上の温度では SSM-2 は 5 kg-m/cm² 以上, SAE 51431 は 8 kg-m/cm² 以上の値を示している. この種の鋼は耐熱鋼として高温で, 使用されるので SSM-2 について高温長時間加熱によりどの程度脆化されるかを調べるため, 500°C, 550°C, 600°C で 200h 時刻後衝撃試験を行なったが, 衝撃値の低下は見られず, 遷移温度の変化もほとんど認められなかった.

5) 耐酸化性

1000°C ×40 mn O. Q., 750°C ×2h

A.C., 650°C × 2h A.C. なる熱処理を行なった試料により, 800°C, 1000°C, 1200°C の温度にて空気雰囲気中で 5~10h の酸化試験を行なった. 800°C では SAE 51431 の方が優れているが, 1000°C においては 10h の加熱で両者がほとんど一致し, 1200°C では SSM-2 の方がよくなっている.

6) 耐 食 性

硫酸, 硝酸, 10% NaCl, 10% NaOH に対する耐食性試験によると, 両鋼種の間には大差は認められない.

7) そ の 他

各合金元素の役割り, 窒素の鋼に対する溶解限の問題などについても検討した.

IV. 結 言

SAE 51431 鋼 (16% Cr-2% Ni) の高温強度の向上を計る目的で Mo, V, N を添加した新鋼種の特性について研究した結果, 550°C で約 56 kg の引張強さを有し, 破断強度特性において SAE 51431 鋼に遙かに優れているものを得ることができ, 高温高圧用バルブ鋼として十分な実用性を有することが確認された.

Table 1. Chemical analysis of tested steels.

Specimen No.	C	Si	Mn	N	Other elements
1	0.95	1.08	14.36	0.011	—
2	0.91	1.11	14.44	0.026	Al 2.04
4	0.90	1.09	13.35	0.014	Mo 0.84
5	0.83	0.66	13.94	0.011	Cr 4.06
6	0.86	1.05	14.03	0.018	Cr 4.06, V 0.55

区別できるためこの実験では 5, 6 は 1150°C として行なった. 検鏡試片は溶体化処理後各温度に各時間恒温保持水冷した後組織変化から前報と同じ要領で恒温析出線図を作製し, また磁気試験片は 350°C ~ 900°C の各温度に 100h 保持水冷して硬さと飽和磁気強さとを測定した.

III. 実 験 結 果

1. 恒温炭化物析出におよぼす影響

1) Si No. 1 試料の恒温析出線図は Fig. 1 に示した. 析出の全般的様相はとくに変化はなく既報の Si 量の低い同一 C 量の標準 Hadfield 鋼の析出線図と比べると析出温度区間も大差はない, わずかに Si 添加の特徴と見られるのは C 曲線の鼻付近で粒界炭化物の析出に続いて起る PC の析出が時間的に早く両 C 曲線の頂点が比較的接近していることが挙げられる.

2) Al 2% Al の添加により粒界炭化物の析出は時間的にいちじるしく早くなり, 析出温度区間も 430°C ~ 950°C 以上に広がる. PC 析出温度区間は低温側が 480°C 付近に上昇している.

3) Mo 0.8% Mo の添加により粒界炭化物の析出はきわめて促進され 700°C 以上の高温域における析出区間が広がっている. PC 析出温度は約 490°C ~ 670°C になり低温側が上昇している.

4) Cr 4% Cr 添加により粒界炭化物析出はいちじるしく促進され温度区間は 400°C ~ 1000°C 以上に広がる. PC 析出の温度は Fig. 1 の Si 添加鋼とほぼ同等であるが C 曲線の鼻の位置は時間的にずつと遅れている. 700°C 以上の炭化物析出域内に長時間保持すると粒内に均一な微粒の析出が現われ, 850°C を頂点とする同じく C 曲線を呈する.

5) Cr+V 4% Cr+0.5% V 添加試料の恒温析出線図は Fig. 2 に示した. 炭化物の析出はきわめて促進されその温度区間は 340°C ~ 1000°C 以上におよぶ, しかし PC 析出域は 490°C ~ 660°C の間にあり V の添加により PC 析出は阻止される効果が認められる. 高温域

669.15'74-194.56:669.111.3:621.785 37/

(148) 高 Mn 鋼の炭化物析出におよぼす各種元素の影響 62328

(オーステナイト高 Mn 鋼の研究—V)

防衛大学校 工博 斎藤利生

Effect of Various Alloying Elements on Carbide Precipitation in Hadfield Steel.

1479~1480

(Study on austenitic high-manganese steels—V)

Dr. Toshio SAITŌ.

I. 結 言

溶体化処理した標準 Hadfield 鋼は約 300°C 以上の高温に加熱すると炭化物に析出する. これまで標準鋼の炭化物析出および炭化物の析出におよぼす微量元素の影響, Ni, Cu, C の影響および冷間加工の影響などについて報告したが, 本報ではそのほかの各種元素すなわち Si, Al, Mo, Cr および Cr+V の影響について引続き実験した結果を報告する.

II. 供試々料および実験方法

供試材は高周波炉で溶製した小鋼塊を熱延, 旋削して 10mm φ および 5mm φ 丸棒とし, これから 10mm φ × 3mm t の検鏡用試片および 5mm φ × 70mm l の磁気測定用試験片とを採った. 各試料の分析結果は Table 1 に示す.

試料の溶体化は 1, 2, 4 は 1100°C × 1/2h, 5, 6 は 1150°C × 1/2h 保持後水冷したが, 5, 6 は溶体化処理状態においても若干の炭化物残留が認められた. これら残留炭化物の溶込みは 1200°C でもまだ不十分であつたがその形状は粒状化して再加熱により析出するものと明瞭に

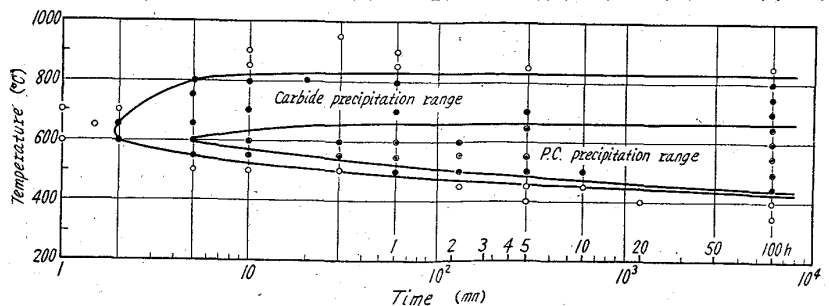


Fig. 1. Isothermal precipitation diagram for No. 1 steel after solution treatment.