

少しており、これは前節の調質圧延の場合と大いに異なる場所である。また一様伸から求めた n , n' の値をそれぞれ n_u , n'_u とし同様に図示したが、この場合も時効が進むにつれて n_u , n'_u とともに減少するが、 n'_u のほうがより急速に減少している。ただ、その程度は n , n' 値の場合ほど顕著でない。これらの事実は時効処理によって鋼板の加工硬化挙動が本質的に影響を受けていることを示唆している。おそらく、時効処理によって生じた析出物が塑性変形過程における転位の運動に対して、調質圧延によって生ずる内部組織とは、おそらく異なつた影響をおよぼしているのであろうと考える。 α の値は時効の程度が進むにつれて $\ominus \rightarrow \oplus$ に変化してゆく。なお各歪に対する近似生の変化の様子を $\sigma = Ce^n$ 近似および $\sigma - \beta = C'(\epsilon - \alpha)^{n'}$ 近似について Fig. 3 と同様の図をかいてみると α , β 補正をおこなうことにより全歪域にわたつて近似性が格段に向上していることがわかる。

5. 結 言

湿水素処理をほどこして脱炭脱窒した低炭素リムド冷延鋼板の応力-歪曲線を通常の n 乗硬化式 $\sigma = Ce^n$ およびこれに応力軸、歪軸の移動を可能ならしめた $\sigma - \beta = C'(\epsilon - \alpha)^{n'}$ 式を用いて、調質圧延率の変化および時効処理の程度を例にとり、近似性を比較検討した結果を要約すると (1) $\sigma - \beta = C'(\epsilon - \alpha)^{n'}$ の定数を決定するのに電子計算機を利用することにより必要十分な精度で近似計算を実用的に遂行することができる。(2) α , β 補正をおこなうことにより応力-歪曲線の近似性を全歪域にわたつて格段に向上させることができる。(3) しかし 1% 程度調質圧延をほどこしたままの材料の近似性は α , β 補正をおこなつても十分ではない。(4) 調質圧延率の増加につれて n 値は減少し、 n' 値は逆に微増する。また圧延率の増加につれて C' は増す傾向があり、 α は $\oplus \rightarrow \ominus$ へと変化する。(5) 時効処理の程度が進むにつれて n 値は減少し、 n' 値は n 値より急速に減少する。また C' も減少する傾向があり、 α は $\ominus \rightarrow \oplus$ へと変化する。(6) 以上のごとき近似性の精度および各定数の変化は微視的には転位論的な加工硬化現象との、また巨視的にはプレス加工性との関連においてさらに検討を加えなければならないと考える。

文 献

- 1) 山田: 塑性力学, (1965), p. 9 [日刊工業新聞社]
- 2) R. HILL, 山田ら訳: 塑性学, (1954), p. 11 [培風館]
- 3) 神崎, 中川, 佐々木, 野原: 鉄と鋼, [本報告と同時掲載]
- 4) 強度データブック, (1962), p. 249, [裳華房]
- 5) P. R. SWANN: Acta Met., 14 (1966), p. 900
- 6) C. FENG and I. R. KRAMER: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 233 (1965), p. 1467

(190) 13%Cr ステンレス鋼の熱間加工性

日本鋼管技術研究所

耳野 亨・木下 和久

○服部 圭助・松下 昭義

Hot Workability of 13%Cr Stainless Steel

Tooru MIMINO, Kazuhisa KINOSHITA

Keisuke HATTORI and Akiyoshi MATSUSHITA

1. 緒 言

13% Cr ステンレス鋼鋼管は JIS 規格 SUS21TB として規定されている。この鋼種は、熱間加工時に δ フェライト相 (以下 δ 相) が出現することがあり、特にマンネスマン穿孔時には、管内面傷発生の主たる原因となっている。

本編では δ 相と熱間加工性の関係を、SUS21TB を中心とした化学成分変化によって追求した。

2. 実験方法

供試材の化学成分は、熱間で組織変化 (δ 相変化) を与えるために、主として C と Cr を変化させ、Si, Mn, P, S, Al, N は一定となるように調整した。溶解は 50 kg 高周波誘導炉で行ない、ある一定 C 量のチャージを Cr 量を変えて 4 個の 10 kg 鑄型に注ぎ分けた。総数で 9 チャージの溶解を行ない、化学成分の異なる 10 kg 鋼塊を 36 コ造つた。これらの化学成分を Table 1 に示す。

これらの鋼塊を 25 mm ϕ 棒に鍛造後、焼戻しのために 750°C に 30 min 間保持後空冷し、それぞれ熱間振り試験片と、組織観察用試験片を切出した。

組織観察用試験片: 10 × 10 × 20 (mm)

熱間振り試験片 (平行部): 10 ϕ × 50 (mm)

組織観察実験は、上記試験片を 900°C - 1300°C 間 50°C おきにそれぞれ 20 min 間保持後水焼入れを行ない、 δ フェライト量 (面積率) を測定した。これは熱間加工前の組織を観察する目的で行なつた。実験的に熱間加工性を判断するために熱間振り試験を行なつた。試験はやは

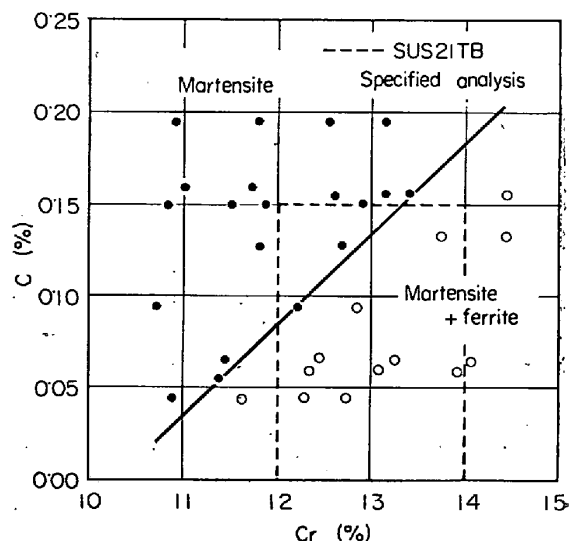


Fig. 1. Phase diagram of 13%Cr stainless steel. (Water quenched from 1050°C)

Table 1: Chemical composition of 13% Cr stainless steel.

Steel No.	Chemical composition							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Sol. Al	Total N
1	0.09	0.50	0.82	0.012	0.015	10.71	0.007	0.0172
3	0.09	0.41	0.78	0.013	0.015	12.24	0.006	0.0182
4	0.09	0.39	0.72	0.012	0.016	12.87	0.005	0.0192
5	0.15	0.56	0.99	0.018	0.016	10.83	0.007	0.0105
6	0.15	0.54	0.94	0.018	0.016	11.53	0.005	0.0139
7	0.15	0.55	0.95	0.018	0.015	11.83	0.004	0.0113
8	0.15	0.49	0.95	0.016	0.017	12.91	0.008	0.0112
9	0.17	0.49	0.63	0.014	0.013	11.01	0.008	0.0111
10	0.16	0.47	0.63	0.013	0.014	11.71	0.005	0.0107
11	0.16	0.46	0.68	0.014	0.014	12.63	0.010	0.0094
12	0.16	0.45	0.64	0.013	0.013	13.15	0.006	0.0105
13	0.19	0.54	0.64	0.027	0.017	10.91	0.005	0.0148
14	0.19	0.50	0.64	0.028	0.018	11.65	0.004	0.0150
15	0.19	0.47	0.60	0.028	0.018	12.30		
16	0.18	0.44	0.61	0.029	0.018	12.75	0.004	0.0168
R-1	0.04	0.48	0.72	0.009	0.014	10.91	0.005	0.0148
R-2	0.04	0.47	0.70	0.010	0.018	11.65	0.004	0.0150
R-3	0.04	0.44	0.68	0.010	0.017	12.30		
R-4	0.04	0.45	0.64	0.011	0.017	12.75	0.004	0.0168
30	0.06	0.53	0.85	0.012	0.014	11.40	0.006	0.0153
31	0.07	0.52	0.83	0.014	0.013	12.34	0.003	0.0164
32	0.07	0.53	0.85	0.014	0.014	13.10	0.005	0.0160
33	0.07	0.48	0.76	0.014	0.014	13.94	0.003	0.0148
34	0.07	0.50	0.76	0.012	0.014	11.44	tr.	0.0124
35	0.08	0.47	0.71	0.012	0.013	12.44	0.004	
36	0.08	0.45	0.72	0.014	0.012	13.28	tr.	0.0115
37	0.09	0.39	0.69	0.014	0.012	14.06	tr.	0.0124
38	0.13	0.57	0.73	0.013	0.012	11.82	0.001	0.0143
39	0.13	0.51	0.68	0.014	0.012	12.70	0.003	0.0137
40	0.14	0.49	0.65	0.014	0.013	13.70	0.001	0.0140
41	0.14	0.46	0.63	0.014	0.014	14.44	0.002	0.0148
42	0.16	0.55	0.71	0.015	0.012	13.41	0.002	0.0112
43	0.16	0.50	0.66	0.015	0.011	14.46	0.004	0.0115
44	0.17	0.48	0.62	0.016	0.012	15.46	0.005	0.0124
45	0.18	0.43	0.62	0.015	0.008	16.65	0.002	0.0158

り 900°C—1300°C の温度 (50°C おき) に 20 min 間加熱し, 110 rpm の回転数で行ない, 振り破断回転数 (捻回値) と回転力を測定した。

3. 実験結果

3.1 組織観察結果

Fig. 1 に 1050°C から水焼入れをした 13%Cr ステンレス鋼の組織図を示す。このときのマルテンサイト相とフェライト相からそれぞれ高温でのオーステナイト相 (γ 相) と δ 相を測定した。実験の結果 1050°C 近傍は δ 相の量が最小となり, 高温になるにしたがって増加した。図中に SUS 21 TB の化学成分範囲を示したが, この鋼種は成分の取り方により γ 相または $\gamma + \delta$ 相となることかわかる。

3.2 熱間振り試験結果

δ 相の有無, およびその量の変化に対応して異なつた

捻回値—温度線図が得られた。その典型的な例について Fig. 2 に示す。試料 a は γ 相のみの組織を持った鋼種である。図形は γ 系ステンレス鋼によく見られる山形となっている。1150°C で捻回値は最大となり (約 20 回転) 1250°C—1300°C では 10 回転に低下する。試料 b は $\gamma - \gamma + \delta$ 相境界に近接した γ 組織鋼に特有である。温度が増加するにつれて, 捻回値は低下するが, さらに温度が 1250°C—1300°C に増加すると数%の δ 相に対応して捻回値が増加する。試料 c は熱間で必ず δ 相が存在する。いわゆる γ ループ外の組成の鋼に特有である。この鋼種は 900°C—1100°C の比較的低温側では 10 回転以下の低捻回値を示す。しかしさらに高温では, ある温度以上で, 急激に捻回値が増加する。この捻回値の立上がり温度は δ 相量の多いほど低温側に移っている。

捻回値を 15 回転基準として 1.3%Cr ステンレス鋼の

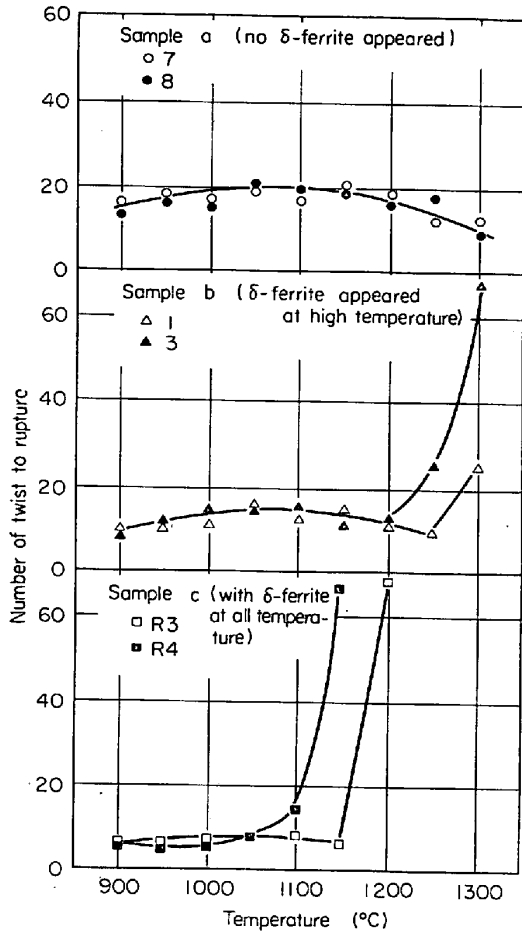


Fig. 2. Typical twist-number vs. temperature curve.

熱間加工性を判断することとする。実験鋼種の捻回値を15回転で切断すると、Fig. 3に示す状態図が得られる。これらはA、B、Cの3領域に分割される。すなわち、A領域は γ 相のみからなり、捻回値は15-20回転である。B領域は γ 相あるいは γ 相中に少量の δ 相が存在して、捻回値は15回転以下であり、もつとも加工性の劣る領域である。C領域は γ 相のほかにも多量の δ 相が存在し、捻回値は著しく高い。このように加工性良好と思われるA、C領域の中間に加工性の劣るB領域が存在する。したがってAまたはCのどちらかを強調した成分の選択が望ましいであろう。

JIS規格内では温度によつてAとCの占める範囲が異なるが、とくにマンネスマン穿孔のように、1200°C近傍で苛酷な変形を加える場合には、A領域を的確にとらえることはむずかしいであろう。

4. 考 察

高温側で捻回値が急激に増加することはすでに数多くの研究者により報告されている¹⁾とくに F. K. BLOOM²⁾は組織中の γ 、 δ 相の量変化によると指摘している。

本研究ではこの問題を δ 相の量的変化に注目してまとめてみた。Fig. 4に捻回値が立上るときの温度と δ 相の量を示した。これから少量の δ 相ほど高温で立上がっていることがわかる。すなわち δ 相への変形のしわよせが大きいほど高温で立上ることから、立上がり現象はフェライト相の回復速度によると考えられる。またFig.

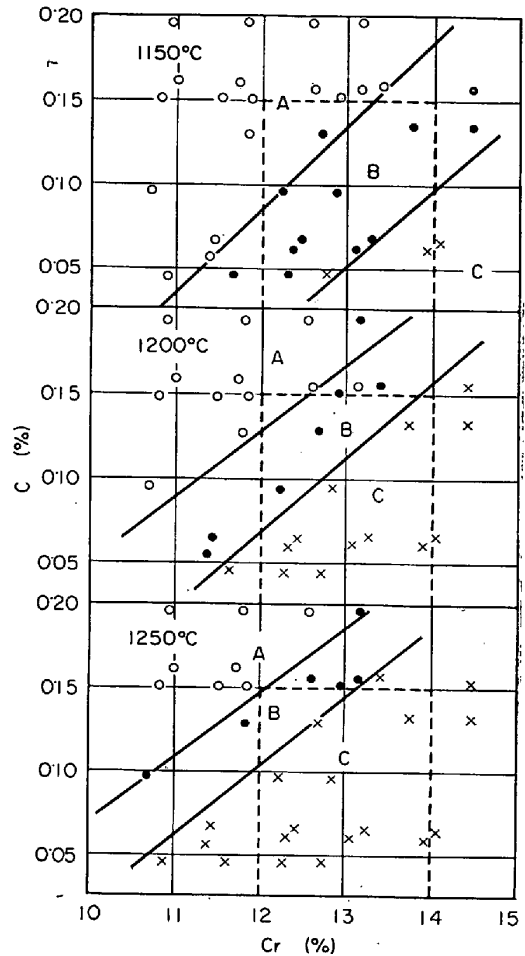


Fig. 3. Diagrams of easily workable regions A and C by hot twist test.

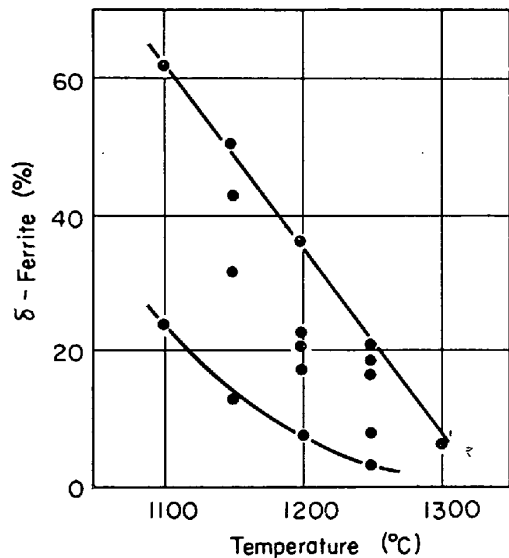


Fig. 4. Relations between amount of δ and temperature when the twist number increased.

5には捻り回転力(最大剪断応力)と δ 相の量を示す。1100°Cでは δ 相が増加するにつれて直線的に回転力が減少している。一方1200°Cでは δ 相が約20%までは急激に回転力が減少し、 δ 相の回転力に近い値となつて

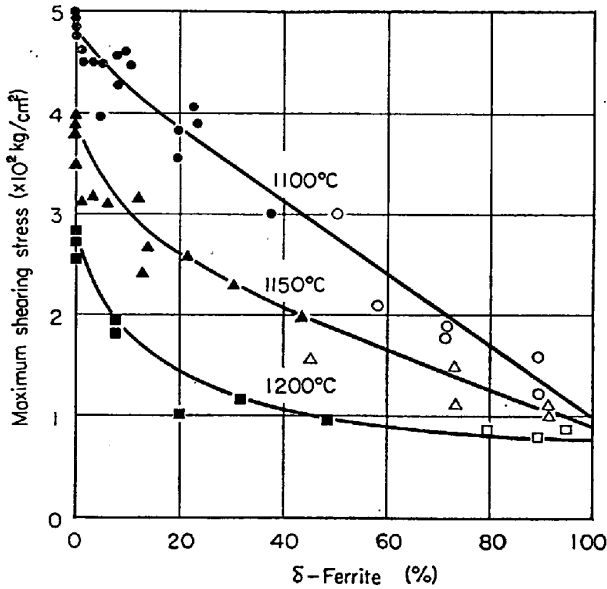


Fig. 5. Relations between maximum shearing stress and amount of δ -ferrite.

Table 2. Maximum shearing stress of γ and δ .

Temp. (°C)	T_γ (kg/cm ²)	T_δ (kg/cm ²)	T_γ/T_δ
1100	485	105	4.61
1150	380	90	4.22
1200	275	77	3.57

いる。このことも何らかの軟化現象（回復）が生じているためと考えられる。またさらに Fig. 5 の外挿値から δ 相の最大剪断応力 (T_δ) を求め、これと γ 相の最大剪断応力と比較した。(Table 2)。これから、温度が上昇するにつれて γ 相に対する δ 相の相対的な変形抵抗が増加している。このことは同じ δ 量でも温度が増加すると、 δ 相への変形のしわよせの度合いが少ないことを示す。

5. 結 言

13%Cr ステンレス鋼の熱間加工性を SUS21TB を基準とする化学成分による影響について、実験室的にしらべた。その要点を列挙すれば次のとおりである。

(1) 13% Cr ステンレス鋼の熱間振り試験を行なったところ、化学成分を変化させることにより捻回値に著しい特徴が見られた。これらは組織中の δ 相と温度による。

(2) 捻回値が高い鋼種は(イ) γ 相のみの鋼、(ロ) $\gamma + \delta$ 相であつて、特に δ 相が強調された鋼種である。SUS21TB 規格成分内で継目無鋼管を製造する際には(イ)の組織をねらつて製管することはむずかしい。

(3) δ 相によつて捻回値が高温側で急激に立上がる現象は、 δ 相の変形に対する回復速度が速くなることとともに、 δ 相への変形のしわよせ量が小さくなるのが原因であろう。

文 献

- 1) H. K. IHRIG: Metals Tech., 12 (1945), p. 749
- 2) F. K. BLOOM, W. C. CLARKE and P. A.

JENNINGS: Metal Progress, 59 (1951), Feb., p. 250

621.974.37.016

(192) ストレッチレデューサにおけるローリングスケジュールの解析

日本鋼管川崎製鉄所

広瀬五男・三枝成男・○佐田哲男

Analysis of Rolling Schedule for Stretch Reducer

Ituo HIROSE, Toshio SAEGUSA and Tetuo SATA

1. 結 言

近年、小径管の圧延にストレッチレデューサがひろく使用されるようになった。

しかしローリングスケジュールの決定にあつては、主として、経験と実験に頼つてゐるのが実状であり、新サイズの製品を製造する場合は、その圧延諸元を決めるためにならざるを得ないので、相当な準備時間が必要である。これを解決するには、ローリングスケジュールを理論的に組立てられる体制が望ましく、この見地に立つてストレッチレデューサにおける管の塑性変形について解析したのが本論文である。

2. 実 験

2.1 実験設備

- 3 ロールタイプ・ストレッチレデューサ
- インターナル駆動形式
- スタンド数 20スタンド
- ロール径 304.8 mm ϕ
- 各個駆動

2.2 要因と水準

一般にストレッチレデューサにおいて、ローリングスケジュールを設計する場合に、考慮すべき要因は、(1) 外径絞り率、(2) ストレッチ(引張)、(3) オーバリティ(4) ロール回転数、(5) t/D (t : 肉厚, D : 外径)である。

このいずれの因子も品質に影響すると考えられているが、今回の調査では、オーバリティとロール回転数を一定の法則で固定し、残りの3因子については次のような水準で実験を行なつた。

ただし表のストレッチは製品と素管の肉厚比をもつて表わし 0.5~0.7 をフルストレッチとし、0.7~0.9 をス

Table 1. Factor and level.

Factor	Level		
	1	2	3
Reduction	7%/stand	10%/stand	—
Stretch	Full stretch	Stretch	Sinking
t/D	0.10	0.15	0.20