

] î0 5r •

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.11 (1979) No.1

ã œ))É5ð È b , G"l ö _ > | p M œ5 -(ò \!•5L < í 73ÿ Ø b s8j

Effects of Alloying Elements and Cooling Rate after Annealing on Mechanical Properties in Dual Phase Sheet Steel

« • ** M (Koichi Hashiguchi) 0Y#ã &ñ(Minoru Nishida) •. ((Toshiyuki Kato) #ã p µ (Tomoo Tanaka)

0[" :

Ç™ Ū - °>* Ð Ý , á § - ° ? } B • ã œ))É5ð È b q4:0 4 ² ó b è0! †% \$x \ K Z>*
))É > | g , G"l ö _ > | p M œ5 -(ò \ í 73ÿ Ø b s8j _ X 8 Z1* m S ã œ))É g B
 _ ²0[^ í 73ÿ Ø b W7H >&+«#ú í 73ÿ Ø CR) \ œ5 -(ò5 b6ë _ c b6õ € @ 6 • log CR
 (¥/s) >; >+1.73Mneq(%) + 3.95 Mneq(%) >; Mn(%) + 2.67Mo(%) + 1.3Cr(%) í 73ÿ Ø > | g
 œ5 -(ò5 _ | W Z ã œ))É5ð È b , G"l ö c ± A C š ì M • í 73ÿ Ø @ ± A 8 o] >*
 r S œ5 -(ò5 @ a ^ 8 o] 7F š > * 7F Â Š c Q • K > * I } _ a p [P C 5 v " 8 S u
 4# ì #. _ ^ • Cr c a p [P C 5 † ö a I O • \ ì _ [P / 3 > ì 8 # Ý @ 6 ~ > * *
 87F Â Š † " • S u _ q4: b -(ò [6 •

Synopsis :

For the purpose of producing a highly formable dual phase steel by intercritical annealing, the effects of alloying elements and cooling rates on microstructure and properties have been studied. The effect of alloying elements on the critical cooling rate (CR) required for the formation of dual phase structure are representable equivalent manganese content (Mneq): $\log CR (\text{¥/s}) >; >+1.73\text{Mneq}(\%) + 3.95$ Where $\text{Mneq}(\%) >; \text{Mn}(\%) + 2.67\text{Mo}(\%) + 1.3\text{Cr}(\%)$ When gas-cooled, a 1.2%Mn-0.5%Cr steel exhibits a low yield stress of 20kg/mm² and a low yield-to tensile strength ratio as low as 0.4. Without causing solid solution hardening and decrease in dissolved C content in ferrite, Cr reduces the yield stress of ferrite, resulting in the lowering of the yield stress of dual phase structure.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

混合組織鋼板の引張特性におよぼす合金元素 と焼鈍後冷却速度の影響

Effects of Alloying Elements and Cooling Rate after Annealing on
Mechanical Properties in Dual Phase Sheet Steel

橋口 耕一*

Koyama, Koji*

西田 稔*

Nishida, Mitsuru*

加藤 俊之*

Kato, Toshiyuki*

田中 智夫**

Tanaka, Tomoo**

Synopsis:

For the purpose of producing a highly formable dual phase steel by intercritical annealing, the effects of alloying elements on the critical cooling rate (CR) required for the formation of dual phase structure and properties have been studied.

The effect of alloying elements on the critical cooling rate (CR) required for the formation of dual phase structure are representable equivalent manganese content (Mn_{eq}):

$$\log CR (^{\circ}C/s) \approx -1.73 Mn_{eq} (\%) + 3.95$$

$$\text{Where } Mn_{eq} (\%) = Mn (\%) + 2.67 Mo (\%) + 1.3 Cr (\%)$$

When gas-cooled, a 1.2%Mn-0.5%Cr steel exhibits a low yield stress of 20kg/mm² and a low yield-to-tensile strength ratio as low as 0.4. Without causing solid solution hardening and a decrease in dissolved C content in ferrite, Cr reduces the yield stress of ferrite, resulting in the lowering of the yield stress of dual phase structure.

として、たとえば冷延鋼板では大橋¹⁾、速水²⁾、中
園³⁾の、また熱延鋼板では橋本⁴⁾、高橋⁵⁾、Rashid⁶⁾

2-1 計算手法

ち、①降伏伸びが現れない、②降伏応力は低く引 曲線を数式表示できるように模式化し、合金元素

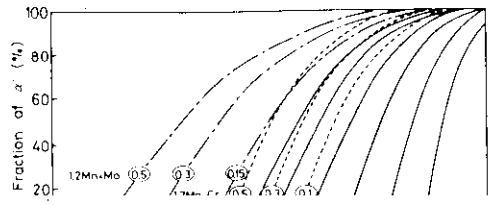
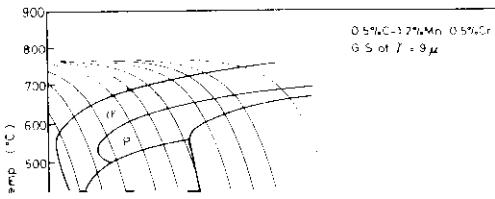
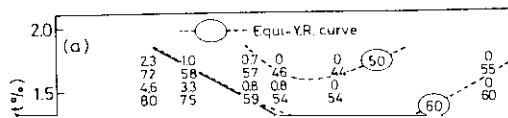


Table 1 Chemical compositions of steels used

(wt %)

Steel No.	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Al	Other
1	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
2	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
3	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
4	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
5	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
6	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
7	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
8	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
9	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
10	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
11	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
12	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
13	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
14	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
15	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
16	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
17	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
18	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
19	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
20	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
21	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
22	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
23	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
24	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
25	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
26	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
27	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
28	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
29	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
30	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
31	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
32	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
33	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
34	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
35	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
36	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
37	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
38	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
39	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
40	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
41	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
42	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
43	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
44	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
45	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
46	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
47	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
48	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
49	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	
50	0.15	0.45	0.015	0.005	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	



ないMn量でそれぞれもっとも低いY.R., Y.S.が得られる最適冷却速度がある。この最適冷却速度はMn量が少ないほど大きくなり、これに伴い得られ

加熱速度は170°C/90min、冷却速度は2°C/min

4 考 察

本報は、鋼板の組織と機械的性質との関係について、

4.1 所与冷却速度と合金元素量の関係

入れで得られる混合組織鋼板の場合にこのような

Fig. 6~8 に示したように、冷却速度あるいは合金元素量の増加に伴い、降伏伸び、降伏比が急激に減少する傾向が認められる。この変化は、鋼板がそのままで凍結され、加熱時の α 中の固溶 C がそのままで α 中に過飽和に存在する。この過飽和を固

合金元素量の増加に伴い、降伏伸び、降伏比が急

がそのまま凍結され、加熱時の α 中の固溶 C がそのままで α 中に過飽和に存在する。この過飽和を固

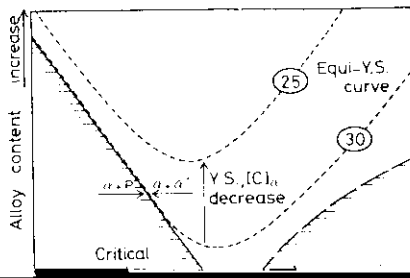
どの合金元素の分配がないpara equilibrium¹⁰⁾を
仮定し、さらに合金元素とCの相互作用は無視し

Y.S.が増加するが、0.5%Cr添加によってY.S.が
低下する。このように約1週間の室温放置により、

析出物が析出され、析出物の析出が促進され、析出物の析出が促進される。

Petchの関係 ($\sigma_v = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}$) における k_y は $\sigma_0 = 32, -30$ および $+11 \text{MPa}$ になることが報告されて

いる。これは、 k_y は $10^{-3} \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ のオーダーである。



鋼板の最適製造条件の検討を目的として、混合組織形成に必要な焼鈍臨界冷却速度と合金元素量の関係、さらに混合組織鋼板の引張特性におよぼす合金元素と冷却速度の影響について調べた。

(1) 混合組織形成に必要な臨界冷却速度 CR と合金元素量の関係を計算および実験によって導出した。合金元素量は Mn 当量 (Mn_{eq}) に換算でき、

Cooling rate increase

Fig. 12 Schematic illustration of phase regions in cooling rate - alloy content diagram: Diagram is divided into ferrite-pearlite, dual phase and tempered (overaged) dual phase regions

合金元素量および冷却速度に依存して等Y.S.線が決まり、合金元素量増加に伴いY.S.は低下する。このY.S.変化は固溶Cの減少によるY.S.低下と合金元素の固溶体硬化によるY.S.増加の両者の和として決まる。

混合組織鋼板は適当な冷却速度との組合せによって低合金系から高合金系まで種々の組成で製造

$$Mn_{eq}(\%) = Mn(\%) + 2.67Mo(\%) + 1.3Cr(\%)$$

(2) 臨界冷却速度を下げる効果は Mo がもっとも大きく、ついで Cr , Mn の順である。

(3) 同じ混合組織鋼板でも冷却速度が大きいほど、また合金元素量が少ないほどフェライト中の固溶C量が多い。したがってこのような鋼板では固溶C量低減のために焼鈍後過時効処理が必要になる。

(4) 混合組織鋼板の引張特性は合金元素量および冷却速度によって変化し、冷却速度が大きいほど、また合金元素量が少ないほど降伏比、降伏応力は増加する。

(5) したがって適当量の合金元素を添加し、かつ適

- Highly Formable Dual Phase HSLA Steels J", 108th AIME Annual Meeting. (1979)
- 14) F. B. Pickering: Physical Metallurgy and the Design of Steels. (1978), 70 (Applied Science Publishers Ltd.)

顕微鏡写真シリーズ(3)

