

(184) 熱応力サイクル下の連鋳ロール材の強度について

日本製鋼所 室蘭製作所 研究所 工師 徳田昭 大西敬三

○石黒徹 藤田信康

1. 緒言；連続鋳造設備用ロールは、内部を水冷し得る構造のスリーブ状ロールが一般的であり、機械的曲げ応力に加えて大振幅の熱応力サイクルが負荷され、複雑かつ苛酷な応力状態にある。インゴットスラブとの接触時には圧縮側の塑性流動を生じ、冷却途上で塑性域から弾性域に入り、引張側応力に転ずる。従つてこれら条件下でのスリーブの破損は表面でのファイアクラックの発生、熱応力サイクルによる亀裂の拡大伝播、限界亀裂長さに到達後の不安定破壊と3つの過程を経ると考えられ、これらの諸因子に対し材質の立場から検討を加える。

2. 試験方法；対象試材は表1に示す4鋼種であり、耐ファイアクラック特性については、一定条件下での加熱冷却の繰返しによる表面亀裂の発生状況を定量化する。熱応力による亀裂の拡大伝播に対する材質の抵抗性については、塑性歪の繰返による疲労という点で塑性疲労とその機構はほぼ同一であり、常温及び高温の荷重制御引張圧縮塑性疲労試験より、材質の機械的性質と関連させ検討する。

3. 試験結果；3種の低合金鋼の耐ファイアクラック特性はその熱処理方式に大きく依存し、焼準焼戻材に比較し焼入焼戻を行った場合には、発生亀裂の深さにおいて著しい向上が認められ、発生亀裂総数と亀裂深さの間には、逆比例の関係がある事が知れる。(表2)

図1は破断繰返数 $10^4$ の時の疲労強度と抗張力、降伏強度の関係であり、抗張力が $50\sim 80\text{kg/mm}^2$ の範囲ではほぼ直線の関係にあり、低合金鋼に比して0.3% C鋼の疲労強度はかなり低い。さらに各鋼種の疲労強度の抗張力に対する割合は、抗張力の増大と共に上昇の傾向にあり、これは降伏比の上昇に起因すると考えられる。図2がその関係であり、 $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ の上昇と共に疲労強度も上昇している。塑性疲労強度は材質の受ける塑性歪の総和として評価され、焼準焼戻材など降伏比の低い材料の疲労寿命は低いと考えられる。

さらにロールの実働状態を考慮し、 $500^\circ\text{C}$ における塑性疲労強度を静的高温引張強度と対比させ検討した結果では、常温からの抗張力の低下率と疲労強度の低下率はほぼ対応する傾向にあり、Cr含有量の高い2%Cr-1%Mo鋼の高温における抗張力の低下率は低く従つて、疲労強度の低下率も低い。

表2 各鋼種のファイアクラック特性  
(上設定温度 $600^\circ\text{C}$  下設定温度 $450^\circ\text{C}$  繰返数 $10^8$ )

供試材	熱処理	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	ファイアクラック特性				
			n	$\Sigma h$	$\bar{h}$	10h	hmax
A	焼準焼戻	52.8	94	5780	6.15	239.5	7.80
	焼入焼戻	61.1	108	5956	5.63	116.0	14.9
B	焼入焼戻	60.4	160	765.0	4.78	92.6	10.3
C	焼入焼戻	63.2	118	680.5	5.79	105.8	12.9
D	焼準	7.8	1227.0	15.9		112.0	

単位  $1/50 \text{ mm}$

n ; Crack 総数                       $\Sigma h$  ; Crack 深さの総和  
 $\bar{h}$  ; Crack 平均深さ              hmax ; 最大 Crack 深さ  
 10h ; 最大 Crack 深さから順に 10本のクラックの和

表1 供試材化学成分

	(Wt.%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
A	0.15	0.31	0.56	0.013	0.018	0.25	0.93	0.46
B	0.12	0.29	0.59	0.009	0.011	0.22	2.41	0.96
C	0.16	0.35	0.57	0.010	0.024	1.75	0.52	0.26
D	0.35	0.27	0.58	0.026	0.026	0.11	0.11	0.30

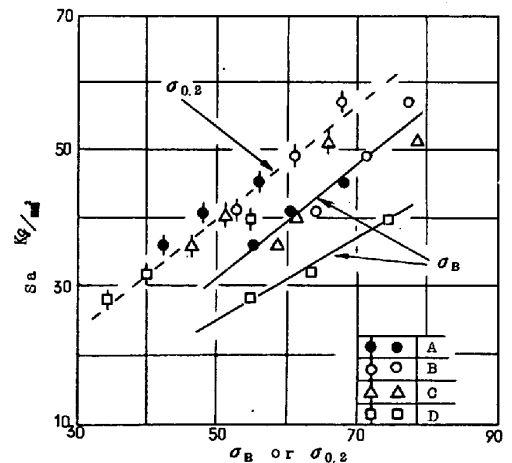


図1 疲労強度 $S_a$ と抗張力 $\sigma_B$ 、降伏強度 $\sigma_{0.2}$ の関係 ( $S_a$ は $Nf=10^4$ の時の応力振幅)

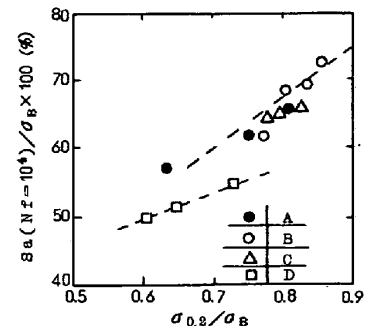


図2 破断繰返数 $Nf=10^4$ の時の疲労強度 $S_a$ の $\sigma_B$ に対する比と降伏比 $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ の関係