

# 渗碳环境对镍铬合金的破坏

张文娟\*, 王刚, 姜文婷

北京首钢吉泰安新材料有限公司, 北京 102206

## Damage of Nichrome alloy by carburizing environment

Zhang wenjuan\*, Yang qingsong, Jiang wenting

Beijing Shougang Gitane New Materials Co., Ltd, 102206, China

### 1. 前言

镍铬合金由于氧化膜主要成分为氧化铬, 在渗碳气氛下容易发生绿蚀, 导致材料内部贫铬, 抗氧化性能下降、寿命降低<sup>[1]</sup>。但渗碳环境对镍铬合金的破坏形式及机理具体表现形式还不明确, 为此本文采用在 1050℃ 高温空气中石墨包裹提供强渗碳环境, 研究在强渗碳环境对铬合金的破坏现象, 以直观揭示渗碳环境对镍铬合金破坏的机理。

### 2. 实验材料和步骤

#### 2.1. 实验材料

取北京首钢吉泰安新材料有限公司生产的 Cr20Ni80、Cr20Ni80S、Cr30Ni70 规格 1.0mm 光亮退火态丝, 在 1050℃ 马弗炉内预氧化 10 小时, 使其表面形成完整的氧化膜。

#### 2.2. 实验步骤

实验研究方法, 取 Cr20Ni80、Cr20Ni80S、Cr30Ni70 规格 1.0mm 完全氧化态丝装入玻璃管内, 用石墨进行填充。将两端开口玻璃管放入管式炉内调节炉温保持在 1050℃ 保温 48h。实验完成后将玻璃管从管式炉内取出待冷却后, 取出样品, 清理干净钢丝表面碳灰, 对钢丝处理前后碳硫含量变化使用钢研纳克红外碳硫分析仪 (CS-2000) 进行检测, 对处理后丝表面膜状态及组织使用蔡司 (Vert.A1) 进行金相观察, 膜特征组织使用日立扫描电镜 (SU5000) 进行分析, 氧化膜成分采用布鲁克能谱仪 (QUANTAX Xflash) 进行分析。

### 3. 结果与分析:

#### 3.1 表面变化

三个样品完全氧化态均为墨绿色, 氧化膜状态良好。经过渗碳处理后表面如图 1 所示。表面均出现银白色膜, Cr20Ni80、Cr30Ni70 表面银色膜和内部黑色膜脱落严重, Cr20Ni80S 表面银色膜比较牢固不易脱落。



图 9 渗碳前后表面变化

Fig. 1 Surface changes before and after carburizing

### 3.2 碳、硫含量变化

对三个渗碳后样品经碳、硫检测如表 1。三个样品均发生严重的渗碳现象。Cr30Ni70 渗碳程度要小于 Cr20Ni80 和 Cr20Ni80S。Cr20Ni80S 碳含量要高于 Cr20Ni80，但其表面银白色膜未脱落可能影响检测结果。

钢种	状态	C	S
Cr30Ni70	预氧化后	0.024	0.0018
	渗碳后	0.596	0.0228
Cr20Ni80S	预氧化后	0.022	0.0019
	渗碳后	0.97	0.014
Cr20Ni80	预氧化后	0.020	0.0013
	渗碳后	0.75	0.017

表 1 渗碳前后碳硫含量变化

Table 1 Change of carbon sulfur content before and after carburizing

### 3.3 组织及膜结构变化

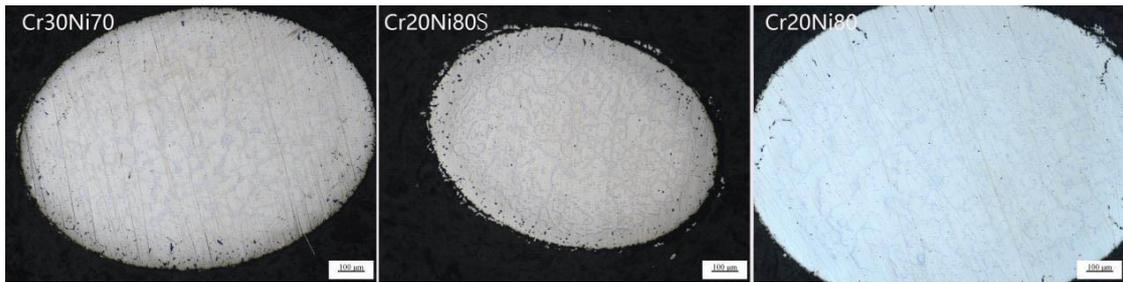
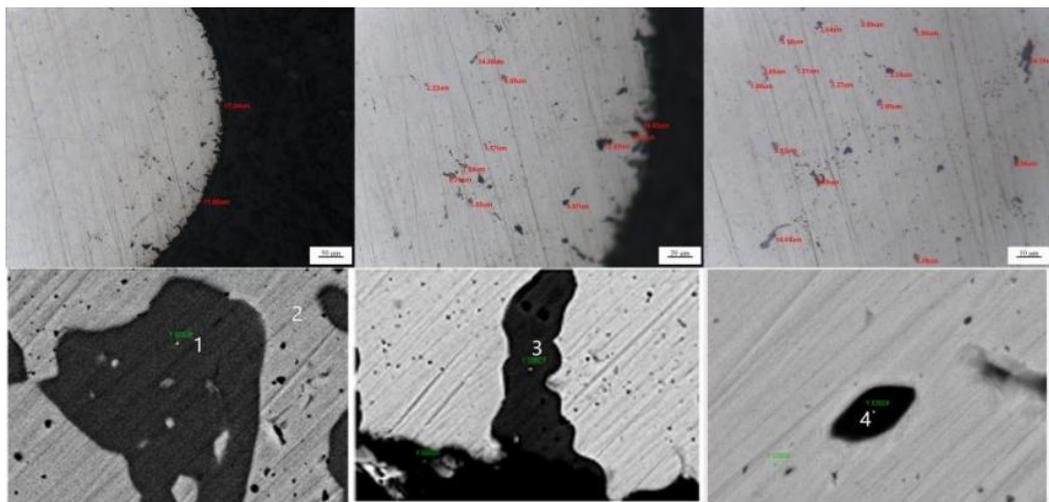


图 10 渗碳后金相组织变化

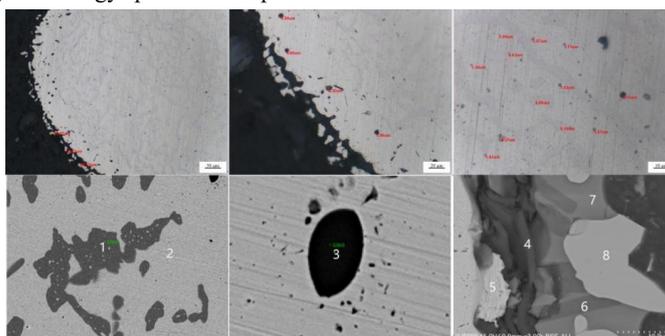
Fig. 2 Change of metallographic structure after carburizing



编号	C	O	Ni	Cr	Si	Fe	Al	Ca
1	10.66		3.83	85.51				
2	17.10		63.38	17.78	1.14	0.6		
3	14.46	29.44		55.6			0.5	
4	19.61	31.62	7.0	14.42	0.59		25.70	1.07

图表 1 Cr30Ni70 夹杂物及氧化膜形貌与能谱成分（质量分数，%）

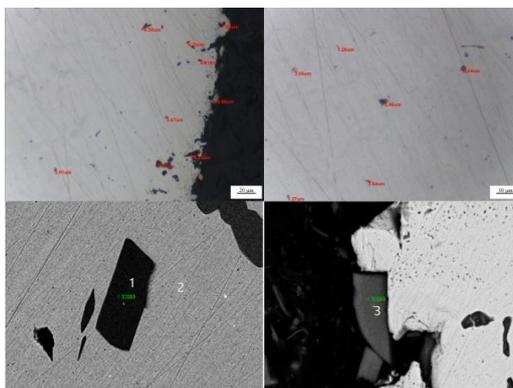
Chart 1 Morphology and energy spectrum composition of Cr30Ni70 inclusion and oxide film (mass fraction, %)



编号	C	O	Ni	Cr	Si	Fe	Al	Ca	Mg	Ti	Mn	N
1	16.02		2.08	81.90								
2	9.36		77.26	11.53	1.16	0.69						
3	9.08	40.32	2.55	2.22	21.17		7.25	14.84	1.10	0.56	0.92	
4	71.67	21.24		0.29	3.78		1.08	1.62	0.32			
5	32.75		57.36	8.33	0.94							
6	28.76	45.32			14.81			0.14				
7	27.62	35.8		1.89	16.85		5.19	11.22	0.98	0.46		
8	29.36			62.84								7.79

图表 2 Cr20Ni80S 夹杂物及氧化膜形貌与能谱成分（质量分数，%）

Chart 2 Morphology and energy spectrum composition of Cr20Ni80S inclusion and oxide film (mass fraction, %)



编号	C	O	Ni	Cr	Si	Al	Mg	Ti	Ca
1	14.25		2.14	83.61					
2	10.18		73.83	15.09	0.89				
3	40.06	31.34	0.9		11.07	8.89	1.47	1.59	2.59

图表 3 Cr20Ni80 夹杂物及氧化膜形貌与能谱成分（质量分数，%）

Chart 3 Morphology and energy spectrum composition of Cr20Ni80 inclusion and oxide film (mass fraction, %)

三个钢种样品渗碳后内部均出现网状的组织沿晶界分布,边缘均存在黑色夹杂物,如图 2。Cr30Ni70 (图表 1) 表面膜厚度为 12-17 $\mu\text{m}$ ,膜与基体连接处主要成分为  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 。边缘夹杂物主要为铬和铝的氧化物,网状组织为铬偏析聚集于晶界,基体内部铬含量已经下降到 18%。Cr20Ni80S (图表 2) 膜为双层结构,外层为银色膜主要成分为碳化铬,厚度约 13 $\mu\text{m}$ ;内层为黑色主要为氧化硅,含一定量氧化铝、氧化钙、氧化铬,厚度约为 10-17 $\mu\text{m}$ 。边缘夹杂物主要为硅、铝钙的氧化物,网状组织也为铬偏析聚集于晶界与 Cr30Ni70 一致,基体内部铬含量已经下降到 11%。Cr20Ni80 (图表 3) 表面膜厚度最薄为 5-7 $\mu\text{m}$ ,膜与基体基础处主要成分为氧化硅,含一定量氧化铝、氧化钙, Cr20Ni80S 内层膜类似。网状组织为铬偏析聚集于晶界与 Cr30Ni70、Cr20Ni80S 一致,基体内部铬含量已经下降到 15%,硅含量较 Cr30Ni70、Cr20Ni80S 出现显著下降。

从金相和能谱分析看,在 1050 $^\circ\text{C}$  下碳还原性气氛占主导,碳气氛导致铬向晶界迁移,出现网状的铬偏析情况如图 2,基体内铬含量下降,材料变脆。Cr30Ni70 表面仍然存在氧化铬膜,边缘氧化铝优先生成。Cr20Ni80S 边缘氧化硅优先析出,在碳化铬膜与基体之间为以氧化硅为主,连接基体与碳化铬,避免碳化铬脱落。Cr20Ni80,边缘氧化物以氧化硅为主,内部和边缘基体铬含量总体都要高于 Cr20Ni80S,这于 Cr20Ni80S 中 Zr 促进铬扩散有关,在防止铬的偏析方面 Cr20Ni80S 无优势,但其表面膜结构比较坚固,在抗氧化和抗渗碳方面有益。从碳含量看 Cr30Ni70 比 Cr20Ni80 抗渗碳效果更好。

## 4. 结论

- (1) 在强渗碳环境中, Cr30Ni70 抗渗碳性能要优于 Cr20Ni80、Cr20Ni80S。
- (2) Cr20Ni80S 在渗碳气氛下会形成双层膜结构,内层为氧化物膜,外层生成碳化铬膜。
- (3) 渗碳环境下,铬不断沿晶界析出,出现网状碳偏析,形成碳化铬,基体内铬含量显著下降,材料表面氧化铬膜被碳化,有效氧化膜成分为氧化硅、氧化铝膜。

## 参考文献

- [1] 林学东, 孙源. 乙烯裂解炉管材料高温渗碳行为研究. 机械工程材料, 1994,18 (6) :28-30