

⑬
74-79

冷拔与水淬火工艺对予 应力钢丝力学性能的影响

TG 356.46
TG 161.32

Effects of Cold Drawing and Water Quench Process on Mechanical Properties Prestressed Wires

冯光纯^①
Feng Guangchun

范家堂^②
Fan Jiatang

张鹏^③
Zhang Peng

(① 重庆大学冶金及材料工程系, 重庆, 630044; ② 威远钢铁厂;

③ 重庆钢铁专科学校; 第一作者 60岁, 男, 副教授)

摘要 在实验室条件下研究了冷拔与水淬火工艺对予应力钢丝力学性能的影响。研究表明碳素钢予应力钢丝采用水淬火取代铅浴进行索氏体化处理是可行的。确定了能使钢丝力学性能达到现行标准规定要求的冷拔与水淬火工艺。

关键词 钢丝; 预应力; 淬火; 索氏体; 冷拔
中国图书资料分类法分类号 TG356.26

力学性能, 预应力钢丝

ABSTRACT Effects of cold drawing and water quench process on mechanical properties of prestressed wires have been studied in laboratory. It shows that sorbitized treat using water quench replacing lead quench is possible for Carbon steels prestressed wires. The cold drawing and water quench process which enable the mechanical properties of wires reaching specified demand of present standards are determined.

KEYWORDS steel wires; prestresses; quenching; sorbite; cold drawing

0 前言

高强度予应力钢丝是一种节材型高效材料, 用作予应力混凝土结构的钢筋, 广泛用于水坝、码头、桥梁、轨枕、大跨度厂房及高层建筑等。随着工程建设越来越多地采用予应力混凝土结构, 予应力钢丝的发展前景广阔。对于予应力钢丝的要求是高强度, 并具有一定的塑性, 而强度是主要的考核指标。其一般的生产工艺是, 以含碳量为 0.60~0.85% 的优质碳素钢盘条为原料, 先初拔至一定尺寸的半成品, 经索氏体化处理后, 再深拔至成品钢丝。影响钢丝强度的主要因素是材质的成分(碳当量), 冷拔及热处理工艺。目前碳素钢予应力钢丝生产中索氏体化热处理大都采用铅淬火(铅浴)。由于铅尘污染和危害人体健康, 因此人们正在探索用盐浴、水浴、流态层等新的淬火方法取代铅淬火。而水淬火(水浴处理)是一种不污染环境

不损害人体健康、经济可行的方法。本文在实验室条件下系统全面地研究了冷拔及水浴淬火工艺,包括:初拔道次及变形量,介质性质,介质浓度、温度,淬火时间等对钢丝力学性能的影响。得出了能使钢丝力学性能达到和超过现行标准规定要求的整套优化的冷拔及水浴淬火工艺制度,为采用水浴处理新工艺工业生产予应力钢丝提供了可靠的依据。

1 实验方法

本研究的实验材料采用威远钢铁厂生产的70钢 $\phi 6.5$ 热轧盘条,其主要化学成分列于表1。

表1 实验材料的主要化学成分(%)

C	Si	Mn	S	P
0.712	0.234	0.790	0.027	0.035

1.1 初拔实验

先切取长约2m的盘条,绕成 $\phi 400$ 的盘圈,放入浓度为12%盐酸溶液中浸泡18min,取出在石灰水中中和,再用清水冲洗,经此处理除去盘条的表面氧化皮后,作为冷拔实验用料。

冷拔实验在TS-500高速拉丝机上进行,将上述盘条在拉丝机上分别初拔至 $\phi 5.5$ 、 $\phi 5.0$ 、 $\phi 4.0$ 的半成品,它们的冷拔工艺列于表2。

表2 冷拔工艺

道次	钢丝直径(mm)	横断面积(mm ²)	减面率(%)	总减面率(%)	钢丝长度(m)
0	6.5	33.19			
1	6.0	28.28	14.8		
2	5.5	23.76	16.0	28.4	3
3	5.0	19.64	17.3	40.8	3
4	4.5	15.91	19.0	52.1	3
5	4.0	12.57	21.0	62.1	3

将4种规格($\phi 5.5$ 、 $\phi 5.0$ 、 $\phi 4.5$ 、 $\phi 4.0$)半成品钢丝按同一工艺索氏体化处理(淬火温度930℃,淬火介质1.0%聚乙烯醇水溶液,淬火时间12s,回火温度520℃,时间60s),然后以不同道次深拔至 $\phi 3.0$ 成品钢丝,最后截取试样测试力学性能和观察显微组织。

1.2 水浴淬火实验

1.2.1 淬火介质选择

水浴淬火是利用热水能扩大膜沸腾阶段存在温度范围,使加热奥氏体化钢丝在蒸汽膜的保护下,通过蒸汽膜在水中进行散热,以得到适合于索氏体转变的冷却速度。通常采用提高水温和加入添加剂来增大蒸汽膜的稳定性,延长膜沸腾时间,以保证完成奥氏体向索氏体转变。目前水淬火采用的添加剂有肥皂、石腊皂、聚合物等,以聚合物作添加剂使用效果较

好。本研究采用添加聚乙烯醇水溶液作淬火介质。

1.2.2 不同工艺水淬火实验

取3组 $\phi 5.0$ 半成品试料。

第Ⅰ组 实验条件为:淬火加热温度 930°C ,加热时间 104 s ;淬火介质,聚乙烯醇水溶液,浓度为 0.5% , 1.0% , 1.5% ,介质温度 90°C ,淬火时间 12 s 。

第Ⅱ组 实验条件为:淬火加热温度与淬火时间同第Ⅰ组;介质浓度 1.0% ;介质温度, 80°C , 85°C , 90°C 。

第Ⅲ组 实验条件为:淬火加热温度和时间、介质温度同第Ⅰ组;介质浓度 1.0% ;淬火时间为 10 s , 12 s , 14 s , 16 s 。

三组试料淬火后均采用在 520°C 下回火 60 s ,然后以相同道次和变形量深拔至 $\phi 3.0$ 成品钢丝,最后截取试样测试其力学性能和观察组织。

2 实验结果与分析

2.1 冷拔工艺的影响

不同冷拔工艺(道次及减面率)的实验结果列于表3。

表3 冷拔工艺对力学性能的影响

原料直径 (mm)	半成品直径 (mm)	减面率 (%)	道次	半成品力学性能			成品直径 (mm)	减面率 (%)	道次	成品强度 σ_b (MPa)
				σ_s (MPa)	ψ (%)	δ (%)				
6.5	5.5	28.4	2	1131	49.4	7.7	3.0	70.2	6	1624
6.5	5.0	40.8	3	1116	43.4	7.7	3.0	64.0	5	1589
6.5	4.5	52.1	4	1135	49.0	8.5	3.0	55.6	4	1456
6.5	4.0	62.1	5	1155	56.2	7.4	3.0	43.8	3	1140

结果表明,随着冷拔道次减少及道次减面率增大,钢丝强度增加。冷拔钢丝的最终强度是由材质成分(初始强度)、冷变形强化、热处理相变强化决定的^{*}。因为,随着淬火前后冷拔道次减少及变形量(减面率)增大,冷变形加工强化作用增强,故强度增高。但道次变形量增大受设备能力和钢丝本身强度的限制^[1]。通过实验,对 $\phi 3.0\text{ mm}$ 予应力钢丝,综合考虑设备安全、冷拔过程顺利进行(钢丝不拉断)及得到较高强度,较好的冷拔工艺为: $\phi 6.5$ 盘条经三道次初拔至 $\phi 5.0\text{ mm}$ 半成品,经索氏体化处理后,再用5道次深拔至 $\phi 3.0\text{ mm}$ 成品钢丝。

2.2 水淬火工艺的影响

2.2.1 淬火介质浓度的影响

不同介质浓度实验结果列于表4及示于图1~3。

由结果看出,随着介质浓度增加,钢丝强度降低,且介质浓度在 $0.5\sim 1.0\%$ 间强度降低快,而浓度在 $1.0\sim 1.5\%$ 间强度降低慢。介质浓度对钢丝塑性影响不明显。介质浓度对钢丝

* 陶树人,浅谈钢丝拉拔若干影响因素,天津市予应力钢丝一厂,1994,16~18。(内部资料)

强度的影响,可解释为,介质浓度决定着钢丝奥氏体转变的冷却速度,从而影响转变后的组织^[2]。从图2和图3看出,介质浓度由0.5%增至1.5%时,钢丝转变后的索氏体组织由细小变得粗大,且出现少量珠光体。介质浓度0.5~1.0%时,钢丝组织为细小索氏体,故强度高。

表4 介质浓度对力学性能的影响

介质浓度 (%)	力学性能		
	σ_s (MPa)	ψ (%)	δ (%)
0.5	1160	50.1	7.2
1.0	1132	44.1	7.7
1.5	1128	47.9	6.8

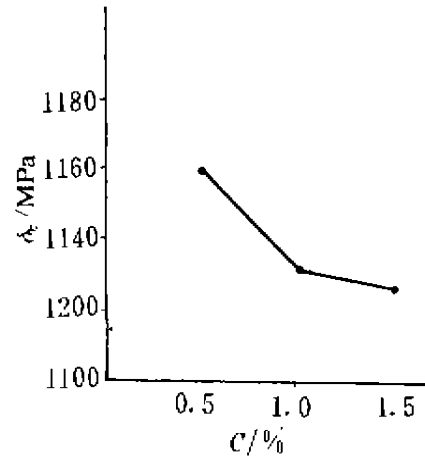


图1 介质浓度对强度的影响

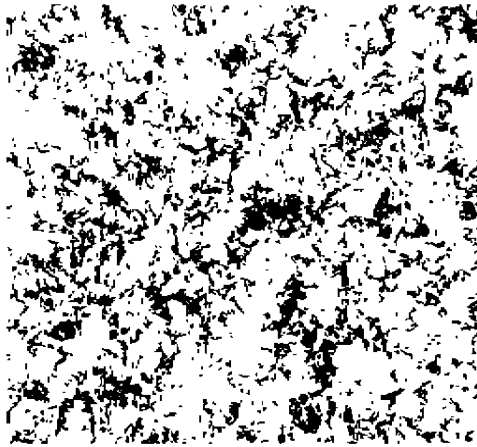


图2 介质浓度0.5%淬火的显微组织 ×300



图3 介质浓度1.5%淬火的显微组织 ×300

2.2.2 介质温度的影响

不同介质温度实验结果见表5和图4~6。

由此可见,介质温度为85℃时,钢丝强度较高,塑性也好,而介质温度为80℃、90℃时,钢丝强度、塑性都降低。这是因为介质温度决定着水淬火蒸汽膜的稳定性,从而影响钢丝奥氏体向索氏体转变的可靠性,由图6可见,介质温度为85℃时,淬火组织为索氏体,且细小、均匀,故钢丝强度高、塑性好。

2.2.3 淬火时间的影响

不同淬火时间实验结果见表6和图7~9。

表5 介质温度对力学性能的影响

介质温度 (°C)	力学性能		
	σ_s (MPa)	ψ (%)	δ (%)
80	1092	43.0	5.3
85	1130	47.9	7.4
90	1125	45.0	7.1

表6 淬火时间对力学性能的影响

淬火时间 (s)	力学性能		
	σ_s (MPa)	ψ (%)	δ (%)
10	1138	36.3	5.8
12	1176	47.7	7.1
14	1213	50.2	7.6
16	1199	47.7	7.4

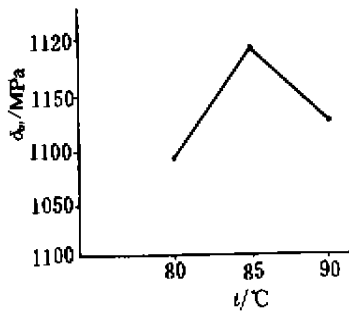


图4 介质温度对强度的影响

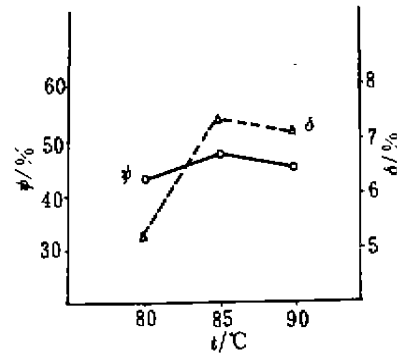


图5 介质温度对塑性的影响

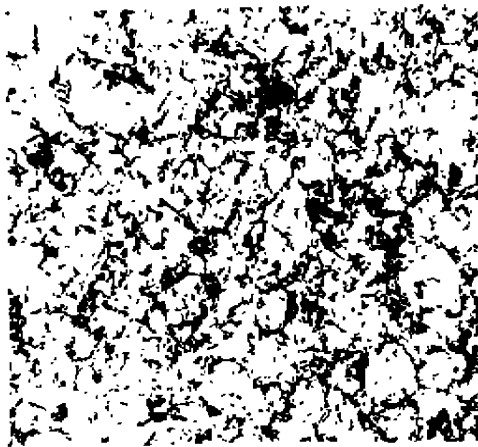


图6 介质温度85°C淬火的显微组织 ×300

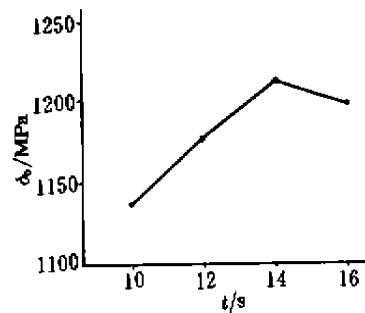


图7 淬火时间对强度的影响

结果看出,淬火时间在10~14 s间,随时间增加强度提高,超过14 s,钢丝强度下降。这是因为淬火时间决定着钢丝奥氏体向索氏体转变完成程度^[2]。淬火时间短,转变不完全(图8)。实验结果表明,淬火时间为14 s,转变完全,得到较均匀、细小索氏体组织(图9),故强度较高。

4) 回火的影响

预应力钢丝采用水淬火的一个关键问题是钢丝淬火后必须在一定温度下进行回火处理,以消除淬火应力,防止钢丝脆断。较佳的回火工艺为:回火温度 520℃,时间 60 s。

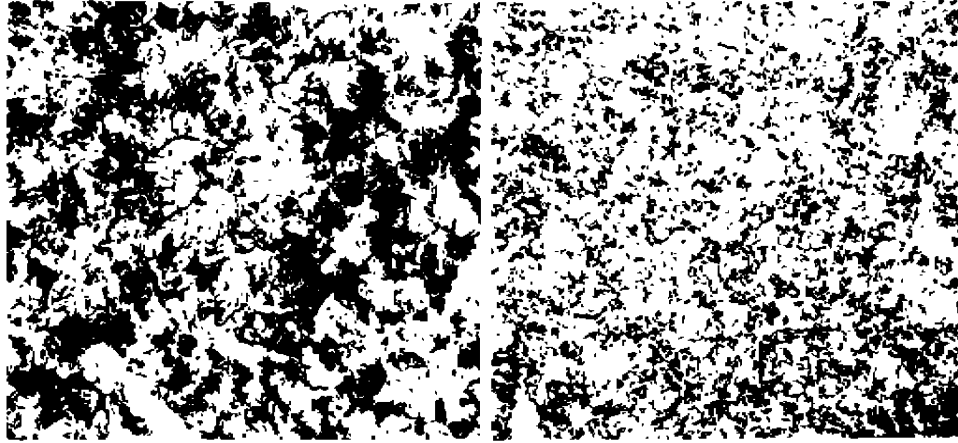


图 8 淬火时间 10 s 的显微组织 ×300

图 9 淬火时间 14 s 的显微组织 ×300

3 结 论

1) 碳素钢予应力钢丝采用水淬火代替铅浴索氏体化处理,只要工艺控制适当,钢丝力学性能,特别是强度,能达到和超过现行标准规定要求,技术上是可行的。

2) 冷拔加工是予应力钢丝的重要强化方法之一,综合考虑冷变形强化,设备能力和材料强度,对 $\varnothing 3.0$ 钢丝,较合适的冷拔工艺为: $\varnothing 6.5$ 盘条三道次初拔至 $\varnothing 5.0$ 半成品,经索氏体化处理,再经 5 道次深拔至 $\varnothing 3.0$ 成品。

3) 采用水淬火索氏体化处理,钢丝能得到较理想的索氏体组织和较好力学性能的水淬火工艺为:淬火加热温度 930℃;淬火介质为添加聚乙烯醇水溶液,介质浓度 0.5~1.0%,介质温度 85℃,淬火时间 14 s;回火温度 520℃,时间 60 s。

参 考 文 献

- 1 周良,朱振明,谢崇峻编译. 钢丝连续生产. 北京:冶金工业出版社,1988,80~85
- 2 王健安. 金属学与热处理. 北京:冶金工业出版社,1980. 90~94