

工具热处理用盐与校正剂

李惠友

成都工具研究所有限公司

摘要: 提供了部分可供试验和生产选用的各种温度的盐浴配方,分析了盐浴加热产生脱碳的根本原因和避免脱碳的方法,介绍了多种国外试验效果较好的校正剂和预先加入校正剂的混合盐配方。

关键词: 热处理;盐浴;脱碳

中图分类号: TG162.1

文献标志码: B

DOI:10.3969/j.issn.1000-7008.2020.05.011

Salts and Calibrators for Tool Heat Treatment

Li Huiyou

Abstract: A large number of salt bath formulations are available for testing and production, and the root cause of decarburization by salt bath heating and the method of avoiding decarburization are analyzed. The calibrators with better effects from various foreign experiments are introduced. The formulation of the mixed salt of the calibrator is added in advance.

Keywords: heat treatment; salt bath; decarburization

1 引言

高温电极盐浴炉的炉膛和电极结构与现盐浴炉基本相同^[1]。工具热处理(特别是高速钢工具的热处理)包括预热、加热、冷却和回火等工序,基本采用盐浴炉。自20世纪80年代开始,国外逐步以真空高压气淬炉取代高温盐浴炉,国内部分工具厂也在齿轮刀具等工具上采用真空炉取代盐浴炉,但盐浴炉不可能完全被真空炉取代。

碳素工具钢与合金工具钢等材料制造的工具不适合采用真空热处理;钻头、丝锥、立铣刀、铰刀等高速钢材料制成的带柄工具,因为刀齿和背部的铆钉孔部位的硬度要求不同,除非柄部单独处理,否则不宜采用真空热处理;镶片大锯片的刀片不宜采用真空热处理;工具表面有氧化皮,扎制的直柄钻头和扎制的锥柄钻头也不宜直接采用真空热处理。同时,真空热处理设备价格昂贵,中小工具厂及机械厂的自制工具不适宜大量采用真空炉。

21世纪以来,国内仍有部分专业工具厂从国外引进盐浴热处理技术设备和工艺,可见,作为工具热处理的传统方法,盐浴技术可以提供工具钢获得最佳工作效能所必须的诸多优良冶金学性能,在目前的热处理工业中,盐浴技术优异的可控性、适应性和热效率仍倍受青睐。

盐浴加热至今仍在广泛应用的重要原因是经过盐浴加热淬火的高速钢工具可以得到更好的微观组

织。由于盐浴加热方式为传导加热,可以选择较低的淬火加热温度和较短的保温时间,将奥氏体晶粒长大和碳化物的聚集长大减少到最低程度。

国外专家曾对盐浴炉和真空炉加热的高速钢试样进行对比试验。在相同的加热条件下,在盐浴中加热的W6Mo5Cr4V2高速钢的奥氏体晶粒度为截取法11.8级,而在真空炉中加热试样的晶粒度更粗大,为截取法9.4级;盐浴中加热试样的未溶一次碳化物细小,呈弥散分布,且数量较多;而在真空炉中加热试样的未溶一次碳化物沿奥氏体晶界开始聚集和熔化。奥氏体晶粒长大和一次碳化物的聚集会损害工具力学性能,尤其是工具韧度,导致工具切削寿命降低。由试验可知,由于真空气淬冷却速度过慢,使试样在冷却过程中穿过了高速钢的TTT曲线的“鼻子”,导致沿奥氏体晶界析出先共析碳化物。

盐浴加热的另一优点是可以实现分级淬火、多次分级淬火及贝氏体等温淬火,大大减少工具的淬火畸变。对某些细长工具或形状复杂的工具,有时要解决淬火畸变问题等温淬火必须采用盐浴法,其它淬火方法无法解决。

2 工具热处理用盐的基本成分

工具热处理加热用盐浴的原料一般选择中性盐,盐浴的原料应满足:①不含有害物质,熔化时无大量有害气体产生;②盐的纯度高,熔化后不会腐蚀钢材表面,不会造成钢材表面脱碳;③应尽量降低盐的吸水性,防止原料在储存、运输过程中吸潮变质;④盐浴的熔点适当,单独或混合盐浴的熔点需低于

使用温度 100℃ ~ 300℃, 以获得好的流动性及挥发量; ⑤被处理工件表面附着的盐易清洗; ⑥原料价格便宜且货源充足。

根据使用温度的不同, 用于工具热处理的盐浴可以分为 3 种类型。

(1) 低温盐浴(150℃ ~ 550℃)

低温盐浴用于合金工具钢工具淬火冷却和高速钢工具的等温淬火冷却以及碳素工具钢和合金工具钢工具的回火。表 1 为低温盐浴的部分中性盐浴二元系的成分和熔点数据, 在实际生产中常用的低温盐浴为序号 3, 6, 7, 8。

表 1 低温盐浴成分参考(二元系)

序号	成分 1	重量(%)	成分 2	重量(%)	盐浴熔点(℃)
1	NaNO ₃	20.5	NH ₄ NO ₃	79.5	120.8
2	NaNO ₃	20.1	NH ₄ Cl	79.9	121
3	KNO ₃	55.2	NaNO ₂	44.8	140.9
4	KOH	10.8	KNO ₃	89.2	198 ~ 203
5	KOH	68.8	KNO ₃	31.2	200 ~ 210
6	NaNO ₃	45.8	KNO ₃	54.2	218
7	NaNO ₂	60.2	KNO ₂	39.8	219
8	NaNO ₂	44.5	NaNO ₃	55.5	220.1
9	KOH	52.7	KNO ₃	47.3	230
10	KNO ₃	35	NaNO ₂	65	230.5

(2) 中温盐浴(570℃ ~ 900℃)

中温盐浴用于碳素工具钢和合金工具钢工具的淬火加热、高速钢工具的淬火预热、高速钢工具的淬火分级冷却、高速钢工具的回火以及部分工具的柄部淬火和柄部退火加热。表 2 为几种由碳酸盐和氯化盐组成的中温盐浴, 表 3 为几种全部为氯化盐组成的中温盐浴。

表 2 碳酸盐和氯化盐组成的中温盐浴成分

序号	组员 1	重量(%)	组员 2	重量(%)	盐浴熔点(℃)
1	KCl	52	BaCl ₂	48	665
2	Na ₂ CO ₃	50	K ₂ CO ₃	50	690
3	Na ₂ CO ₃	49.6	K ₂ CO ₃	50.4	704
4	KCl	40	CaCl ₂	60	754
5	Na ₂ CO ₃	60	CaCO ₃	40	780
6	Na ₂ CO ₃	63	CaCO ₃	37	787
7	Na ₂ CO ₃	51.4	CaCO ₃	48.6	813
8	Na ₂ CO ₃	82	CaCO ₃	18	889

表 3 氯化盐中温盐浴成分

序号	成分	组成(mol%)	熔点(℃)	使用温度(℃)
1	BaCl ₂ -KCl	2 : 3	656	700 ~ 1000
2	BaCl ₂ -NaCl	2 : 3	654	700 ~ 900
3	BaCl ₂ -CaCl ₂	35 : 65	600	600 ~ 850
4	BaCl ₂ -CaCl ₂ -NaCl	16 : 47 : 37	453	500 ~ 800
5	CaCl ₂ -NaCl	45 : 55	501	550 ~ 850
6	NaCl-LiCl	3 : 4	580	600 ~ 900
7	NaCl-KCl	1 : 1	664	700 ~ 900

(3) 高温盐浴(1000℃ ~ 1300℃)

高温盐浴用于高速钢工具和部分高铬工具钢工具的高温淬火加热。高温盐浴通常采用 100% BaCl₂ 作为加热介质, 有时在其中加入一定数量的校正剂。

3 盐浴加热产生脱碳的原因及预防方法

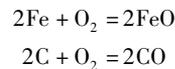
工具热处理采用盐浴加热主要目的是防止钢的表面产生氧化脱碳。

3.1 盐浴加热产生脱碳的原因

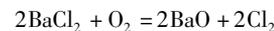
(1) 盐浴吸收空气中的氧

由于盐浴长期处在高温下, 盐浴面暴露在空气中, 吸收的氧与工具表面和盐浴发生反应, 分别产生氧化、脱碳和浸蚀作用。

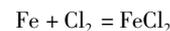
氧使钢的表面发生氧化或直接夺取钢中的碳, 其反应式为



盐浴被氧化生成氧化钡, 氧化钡含量越高, 钢的脱碳倾向越严重。因此, 常采用化验盐浴中氧化钡含量的方法来确定盐浴的脱碳倾向。



上式中盐浴氧化生成的氯气会浸蚀工具的表面, 其反应式为



试验证明, 盐浴被氧化后生成的氧化物(如 BaO)对在盐浴中加热的工具表面会形成强烈的脱碳作用。如图 1 所示, 随着盐浴熔盐保温时间的延长, 盐浴中的 BaO 含量不断升高, 使在盐浴中加热的钢箔含碳量相应下降。

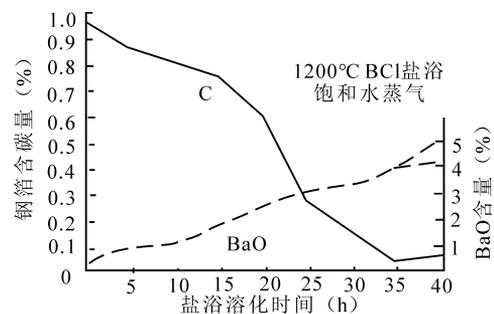


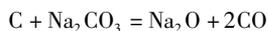
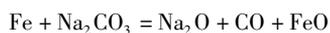
图 1 盐浴熔化时间对盐浴中 BaO 含量和钢箔含碳量的影响

(2) 熔盐中的杂质

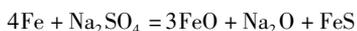
工具加热用的盐浴通常采用中性的氯化盐为原料, 原料中含有较多杂质, 如碳酸盐或硫酸盐等。盐浴中的杂质会对在盐浴中加热的工具产生氧化脱碳作用。

碳酸盐的影响: Na₂CO₃ 可以使铁生成其氧化

物,也可能直接夺取钢中的碳。



硫酸盐的影响: Na_2SO_4 会与铁反应生成其氧化物或硫化物或直接夺取钢中的碳。



在盐浴使用初期,盐浴中的杂质直接出现氧化、脱碳及浸蚀现象,作为反应物生成的 Na_2O 、 BaO 及 FeO 等溶于盐浴中,均会增加盐浴的脱碳倾向。

(3) 水分的影响

由于盐浴原料含有水分,且盐浴不断从空气中吸收水分,对盐浴产生不良影响:工具表面氧化;夺取钢中的碳,导致工具表面脱碳;水分使盐浴氧化,生成氧化钡和盐酸,生成的 BaO 造成工具表面脱碳,产生的 HCl 会浸蚀工具表面。反应式为

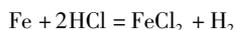
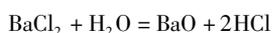
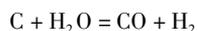
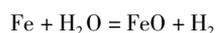


图2显示了水对盐浴脱碳倾向的影响。可见,由于干燥空气中不含水分,因此对盐浴中的 BaO 含量影响很小;由于空气中含有少量水分,因此对氧化钡含量的增加有一定影响;通入过饱和的水蒸气,盐浴中的 BaO 含量大大增加。可见,水分对盐浴的氧化钡含量影响较大,将增加盐浴的脱碳倾向。

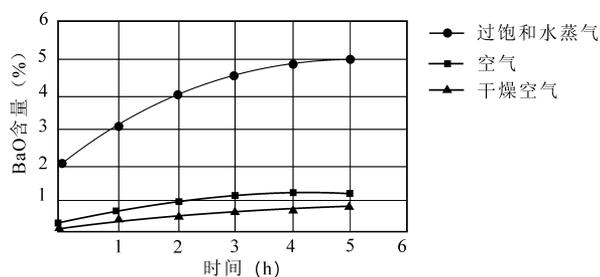


图2 水分对盐浴中 BaO 含量的影响

(4) 铁氧化物的影响

当工具浸入盐浴中时,有时会带入一些氧化皮、铁锈或其它附杂物。在加热过程中,工具会产生氧化物,盐浴中电极的消耗也会产生铁的氧化物,从而增加盐浴的脱碳倾向。表4为向盐浴中加入 Fe_2O_3 时钢的脱碳层深度变化情况。加入的 Fe_2O_3 数量越多,盐浴时效的时间越长,钢的脱碳层越深。

表4 盐浴中 Fe_2O_3 含量对脱碳层的影响 (mm)

脱碳检查时间	脱碳层
氧化铁加入前	0.00 ~ 0.08
加入 1% Fe_2O_3 (1h 后)	0.12 ~ 0.17
加入 6% Fe_2O_3 (6h 后)	0.50 ~ 0.70

盐浴脱碳越靠近盐浴炉的下部脱碳越严重(见表5),相比盐浴表面,盐浴的底部脱碳层深度更深,这可能与盐浴底部有大量的残渣(即大量铁氧化物)有关,因此有必要经常清理盐浴底部的残渣。

表5 盐浴中不同部位的脱碳情况 (mm)

盐浴部位	浸入深度	脱碳层深度
表面	100	0.15
中间	200	0.20
底部	300	0.35

3.2 防止盐浴脱碳的途径和方法

工具在盐浴加热时产生脱碳的主要原因是盐浴从空气中吸收氧和水分、原料盐中的杂质和水分以及工件带入盐浴中的杂物和电极氧化脱落的氧化物等原因造成,可以通过以下途径防止工具在盐浴加热时产生氧化脱碳。

- ①避免盐浴时可能生成氧化物的操作;
- ②设法除去已经生成的氧化物;
- ③在盐浴中加入还原性物质,使氧化物还原,抵消氧化物脱碳的倾向;
- ④隔绝空气,防止盐浴过程中氧浸入盐浴;
- ⑤采用含杂质少的原料。试验证明,采用不同厂家原料的盐浴,工具加热后脱碳深度相差 2 ~ 3 倍;
- ⑥采用精炼原料,除去盐浴中的杂质和水分;
- ⑦经常清理盐浴中的残渣,因为残渣中含有大量的氧化物;
- ⑧采用耐烧损的电极(如采用不锈钢电极)可以减少氧化物的生成;
- ⑨保持盐浴的清洁,不把铁屑、氧化皮等杂物带入盐浴中;
- ⑩采用好的耐火材料筑炉,减少盐浴中氧化物的生成;
- ⑪采用校正剂对盐浴进行校正。

4 校正剂选用

由于盐浴与空气接触,受空气中的氧、水分和二氧化碳的影响及盐浴原料杂质等影响,工具在盐浴加热时不可避免地会产生氧化脱碳,为此必须向盐浴添加校正剂,减少盐浴中氧化物的含量。校正剂俗称脱氧剂,是消除盐浴中的氧化物和消除产生氧

化脱碳的根源。

通常对校正剂的基本要求为:可以较彻底地清除盐浴中的氧化物,脱氧效果良好,能有效防止工具表面产生氧化脱碳;校正剂需具备良好的速效性和迟效性;脱氧后生成的沉渣量少,比重大,容易沉底且便于捞出;加入校正剂后,不能浸蚀炉衬、耐火砖、电极和工件。

根据校正剂的脱氧原理,除去盐浴中氧化物的方法有以下几种:

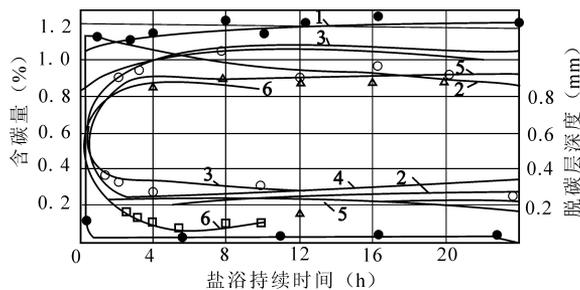
①还原法:还原法校正剂的主要作用是除去盐浴中的活性氧原子或使氧化物还原,如采用木炭、活性炭、黄血盐、稀土金属、铝镁合金及天然气等进行校正。

②沉淀法:加入酸性氧化物与盐浴中碱性氧化物生成沉淀物,以残渣形式析出,采用二氧化硅、二氧化钛、硼砂等进行校正。

③置换法:利用置换反应除去盐浴中的氧化物,采用氯化铵、氯化镁、氟化镁、氟化钙和 CH_3Cl 等进行校正。

④还原加沉淀双重法:利用还原法除去盐浴中的氧,其生成物与盐浴中的碱性氧化物反应生成沉淀物,以残渣形式析出。采用 Si-Ca-Fe 、 Si-Fe 、 Si-Ca 、 SiC 及 Si 等进行校正。

国内外试验和应用的校正剂种类很多,其效果也有极大差异。为了找出效果最好的校正剂,国外曾对多种校正剂进行了大量的比较试验。前苏联对 10% MgF_2 、2% 硼砂、2% ~ 3% 硅铁、10% Ca-Fe 、10% 萤石及 2% 烧结硅等 6 种校正剂的效果进行了比较试验,其结果见图 3。图中的上部曲线为盐浴中加热的钢箔含碳量,下部曲线为高速钢尖角试样的脱碳层深度。



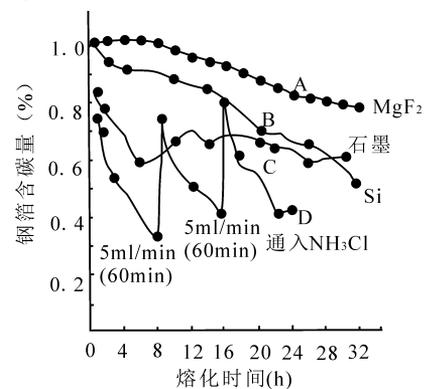
1. 10% MgF_2 2. 2% 硼砂 3. 3% 硅铁
4. 10% Ca-Fe 5. 10% 萤石 6. 2% 烧结硅

图3 几种脱氧剂效果比较

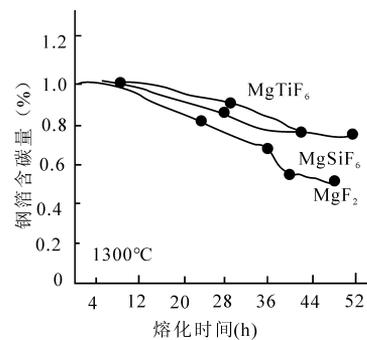
由图 3 可见,对高温盐浴具有最好校正功能的是化学纯度 10% MgF_2 ,其校正效果远优于其它校正剂。如曲线 1 所示,加入 10% MgF_2 在盐浴工作 24h

后,可以保证 T13 钢箔加热后仍然有 1.15% ~ 1.2% C, W18Cr4V 高速钢尖角试样几乎没有脱碳层。氟化镁的作用机理在于它与盐浴中的氧化铁生成了性能稳定的氧化镁。如曲线 2 所示,硼砂在短时间内有一定的脱氧效果,但不能完全防止尖角试样脱碳,且脱氧作用不持久。如曲线 3 所示,硅铁的脱氧效果在初期比硼砂差,但迟效性较好。其它几种校正剂如 10% Ca-Fe 、10% 萤石、2% 烧结硅的效果均不如 10% MgF_2 。

日本曾对多种校正剂进行过比较试验。首先选择石墨、 Si 、不同数量的 NH_3Cl 与 MgF_2 进行比较试验,试验结果见图 4a。由图可知, MgF_2 的效果最好。而后又选择另外两种氟化物校正剂与 MgF_2 进行比较,试验结果见图 4b。由图可知,两种含有 Ti 和 Si 的氟化镁校正剂 MgTiF_6 和 MgSiF_6 的效果均超过了 MgF_2 。



(a)



(b)

图4 日本对几种校正剂的校正效果比较试验

采用向盐浴中通入气体的方法也可防止盐浴产生脱碳作用,美国曾推荐通入 CH_3Cl ,日本专利提出用 C_2Cl_6 、 TiCl_4 和 SiCl_4 等气体进行盐浴校正。对通入 CCl_4 的效果介绍见图 5,向盐浴中不断加入 BaO , BaO 的加入量由 1% 增至 6%,并保持 6% 的加入量。分别向盐浴通入 5min, 10min, 20min 和 30min 的 CCl_4 。由图可见,当 BaO 的量添至 4% 以上时,试验钢箔的含碳量降至 0.1% 以下。通入 CCl_4 后,试

验钢箔含碳量迅速上升至 0.9% 以上,说明 CCl_4 作为盐浴校正剂的效果显著。

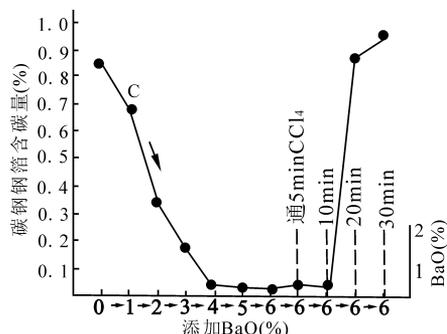


图5 通入 CCl_4 对钢箔含碳量的影响

美国 Park 公司曾多年采用氯甲烷作为盐浴的校正剂,认为氯甲烷作为盐浴的校正剂的优点是无渣,缺点是必须在密闭容器中操作,且气体要缓缓通入盐浴。

5 加入校正剂的混合盐

采用校正剂脱氧的方法虽然可以迅速降低盐浴的脱碳倾向,但随着盐浴使用时间延长,盐浴脱碳倾向逐渐增加,因而使得盐浴中的脱碳倾向呈周期性变化,不能稳定保证盐浴处于最佳状态。同时,伴随校正剂的加入必须进行除渣,增加了盐、电力和校正剂的消耗。为此,开始研究把校正剂直接加入到盐浴的原料中,即形成混合盐。混合盐熔化后会始终保持在良好状态,克服了添加校正剂使盐浴脱碳倾向呈周期性变化的缺点。

在混合盐中添加的校正剂包括 MgF_2 、B、 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (硼砂)、BaF、SiC、 SiO_2 、MgO、CaF 及 Si-Ca 等,其中氟化镁效果最好;也有试验认为加入无定形硼的混合盐效果优于氟化镁。

20 世纪 70 年代,德国、前苏联、日本和美国等国家已开始使用混合盐。前苏联和日本均对混合盐进行了详细的比较试验,确定了最佳成分的混合盐。国内也曾试验和配制效果较好的混合盐。

(1) 700℃ ~ 940℃ 用的混合盐

对 700℃ ~ 940℃ 使用的中温混合盐的盐浴配方进行校正效果试验。混合盐原料预先进行煅烧,煅烧温度分别为: MgF_2 : 900℃; BaCl_2 : 600℃; NaCl : 400℃。煅烧时间均为 4h。

对分别加入不同数量的 MgF_2 和活性 B 成分的 6 种混和盐进行试验,配方为: ①70.0% BaCl_2 + 30% NaCl (基本配方); ②68.9% BaCl_2 + 30% NaCl + 1.0% MgF_2 + 0.1% B; ③68.4% BaCl_2 + 30% NaCl +

1.5% MgF_2 + 0.1% B; ④68.3% BaCl_2 + 30% NaCl + 1.5% MgF_2 + 0.2% B; ⑤67.9% BaCl_2 + 30% NaCl + 2.0% MgF_2 + 0.1% B; ⑥66.8% BaCl_2 + 30% NaCl + 3.0% MgF_2 + 0.2% B。将厚度为 0.08mm、含碳量为 1.4% 的钢箔在 6 种不同配方的盐浴中,于 900℃ 时采用不同时间加热,再测定钢箔的含碳量。随着加热时间延长,试片的脱碳情况见图 6。由图可见,配方 6 和配方 5 含碳量降低最少,即加入 2% ~ 3% MgF_2 + 0.1% ~ 0.2% B 效果最佳。经试验可知,含硼砂和活性 B 的配方效果良好,其配方是: 66.8% BaCl + 30% NaCl + 3.0% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + 0.2% B。

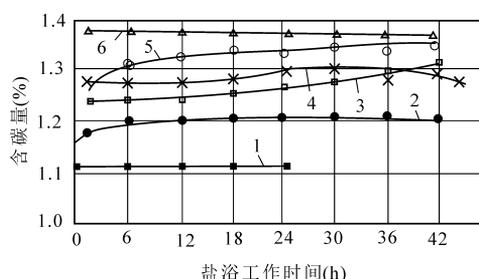


图6 几种混合盐使用时钢箔含碳量的变化

(2) 950℃ ~ 1050℃ 用的混合盐

950℃ ~ 1050℃ 效果最好的混合盐配方为:

85.8% BaCl + 10% NaCl + 4% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + 0.2%。

(3) 1000℃ ~ 1300℃ 用的高温混合盐

1000℃ ~ 1300℃ 用的高温混合盐使用效果较好的高温盐浴配方为: ①94.8% BaCl_2 + 5% MgF_2 + 0.2% B; ②96.9% BaCl_2 + 3% MgF_2 + 0.1% B; ③96.4% BaCl_2 + 3% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + 0.6% B。

在混合盐中添加剂品种繁多,除氟化镁、硼和硼砂外,还包括 SiC、 SiO_2 、MgO、CaF₂ 等。在欧洲、美国和日本等地,工具热处理用盐多为德国专业大公司供给的混合盐,含有 MgF_2 等添加剂,这类混合盐一般用铁桶密封防潮。

6 结语

通过分析日本一种高温混合盐的成分发现,其含有 3% MgF_2 ,据此,重庆工具厂和成都量具刃具厂曾通过试验采用氟化镁做高温盐浴的校正剂,其效果优于国内常用的 TiO_2 + SiO_2 + Si-Ca-Fe,且校正剂对高铝砖炉膛的浸蚀作用不明显。上海工具厂曾采用氯化镁做校正剂,效果良好。目前国内已有多种含有不同添加剂的混合盐供应。

在采用氟化镁作为校正剂或采用添加氟化镁的混合盐时,会对盐浴炉的炉膛产生较大的腐蚀作用,缩短炉膛的使用寿命,同时氟化镁对电极也有腐蚀

大型轴类零件盲孔芯棒切断技术

何彦杰,孙熙钊

中钢集团邢台机械轧辊有限公司;轧辊复合材料国家重点实验室

摘要: 对汽轮机等大型设备主轴盲孔套料芯棒切断技术进行研究,根据切断工作原理确定切断刀机构和刀片结构形状,设计了一种盲孔棒料自动切断刀。对切断过程、运动轨迹进行分析,制定适宜的变参数切削工艺,通过试验验证了切断刀能够高效自动切断芯棒。

关键词: 盲孔芯棒;切断刀;刀背;自动切断

中图分类号: TG729;TH162

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7008.2020.05.012

Cutting Technology of Blind Hole Mandrel for Large Shaft Parts

He Yanjie, Sun Xizhao

Abstract: The cutting technology of blind hole sleeve core rod for main shaft of large-scale equipment such as steam turbine is studied. Through the research of cutting working principle, the cutting knife mechanism and blade structure shape are determined, and an automatic cutting knife for blind hole bar is designed. The cutting process and motion trajectory are analyzed, and the appropriate variable parameter cutting process is formulated. The test proves that the cutting knife can cut the mandrel efficiently and automatically.

Keywords: blind hole mandrel; cutting knife; back of knife; automatic release

1 引言

巨型船舶汽轮机、水利发电机等大型设备的主轴作为其重要部件,不允许存在质量隐患,因此对轴体材料机械性能要求极其严格,大多要求中心部位取试样进行机械性能检测。其中某种主轴要求在轴心部位 $\Phi 120 \sim 130\text{mm}$ 范围制取长度 $600 \sim 4000\text{mm}$

的 $\Phi 60\text{mm}$ 芯棒用以制备试样。采用盲孔套料的方法取得芯棒。图1为主轴的取样位置。

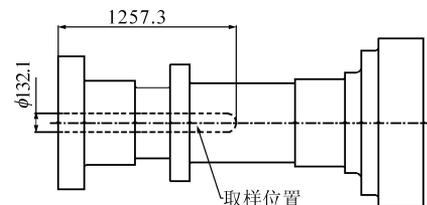


图1 主轴心部取样位置

收稿日期: 2019年10月

作用。国外曾采用莫来石高铝材料作为炉衬,选用不锈钢做电极,在采用3%的氟化镁校正剂时,炉膛的使用寿命由40天延长至6个月,电极的使用寿命由15天延长到1个月。

为适应5% MgF_2 和其它带有腐蚀性的添加剂对炉膛的浸蚀,国外曾试验了不同成分的耐火材料。试验结果认为:含有72% Al_2O_3 的耐火材料在添加5% MgF_2 的盐浴中加热时,炉膛寿命比硅铁脱氧的炉膛寿命高12~15倍。利用高铝耐火材料可大幅提高盐浴槽的使用寿命,减少维修次数,降低能耗和氯化钡的消耗。

参考文献

[1] M A Grossmann. 川口寅之辅,译. 高速度钢[M]. 东京:科学主义工业出版社,1935.

- [2] 小川喜代一. 鋼の化學熱處理[M]. 東京:養賢堂,1963.
- [3] Е А Смоликов. Новые обезуглероживающие смеси солей для средне и высокотемпературных соляных ванн [J]. МИТОМ, 1981, 9: 2-6.
- [4] Е А Смоликов. Средства контроля обезуглероживающей активности высоко-температурных соляных ванн для термической обработки инструмента [J]. МИТОМ, 1987 (3): 34-36.
- [5] 刘如伟. 热处理盐浴用校正剂及混和盐的发展情况[J]. 金属热处理, 1991(8): 8-12.
- [6] 李惠友. 工具热处理技术与实践[M]. 北京:机械工业出版社, 2017.

作者:李惠友,教授级高级工程师,成都工具研究所有限公司,611000 成都市

Author: Li Huiyou, Professorate Senior Engineer, Chengdu Tool Research Institute Co., Ltd., Chengdu 610500, China