

· 工艺材料进展 ·

在我国申请的无取向电工钢专利技术的分析

王立涛¹ 张莉霞¹ 刘念华¹ 王全礼¹ 王新华²

(1 首钢技术研究院,北京 100041; 2 北京科技大学冶金与生态学院,北京 100083)

摘要 1985年至2005年,在我国申请的无取向电工钢专利中,国外厂家有44件,主要为JFE和新日铁;国内厂家有48件,主要为宝钢和武钢。国外厂家申请的电工钢专利技术领域主要为高效化和涂层技术;国内厂家主要为轧制工艺和涂层技术。无取向电工钢的典型专利技术:有高效化,薄带连铸、涂层、加工工艺和半工艺产品;无取向电工钢发展趋势为产品高效化和特殊用途产品。

关键词 无取向 电工钢 专利

Analysis on Patented Technology of Non-Oriented Electrical Steel Applied in China

Wang Litao¹, Zhang Lixia¹, Liu Nianhua¹, Wang Quanli¹ and Wang Xinhua²

(1 Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100041;

2 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract In 1985~2005, the patents of non-oriented electrical steel applied in China consist of 44 patents applied by abroad producers (main producers were JFE and Shin Nippon Seitetsu) and 48 patents applied by native producers (main producers were Baosteel and Wuhan Steel). The fields of patented technology of electrical steel applied by abroad producers mainly include high efficiency and painting technology, and that applied by native producers mainly include rolling process and painting technology. The typical patented technology of non-oriented electrical steel including high efficiency, thin strip casting, painting, shaping process and semi-process products is presented. The developed trend of non-oriented electrical steel is high efficiency production and special service products.

Material Index Non-Oriented, Electrical Steel, Patent

1 无取向电工钢专利基本信息概况

从1985年以来在我国申请的无取向电工钢专利统计数据(表1)可见,国内厂家和个人申请的无取向电工钢专利数量呈跳跃式变化:从1985年至1990年为第1阶段,申请无取向电工钢专利共7件;从1991年至1999年为第2阶段,申请专利共11件;第3阶段从2000年至2005年,申请专利共30件,专利数量的逐年递增,说明无取向电工钢在我国发展迅速。

国内外申请的无取向电工钢专利的厂家分布情况见表2。由表2可见,国外无取向电工钢专利主要由JFE和新日铁申请,国内宝钢和武钢申请专利

表1 在我国申请的无取向电工钢专利统计

Table 1 Statistic of patents of non-oriented electrical steel applied in China

年份	国外/件数	国内/件数
1985~1990	0	7
1991~1999	24	11
2000~2005	20	30

表2 在我国申请的无取向电工钢专利分布

Table 2 Distribution for patents of non-oriented electrical steel applied in China

国外			国内		
厂家名称	件数	比例/%	厂家名称	件数	比例/%
JFE	20	45.50	宝钢	10	20.80
新日铁	11	25.00	武钢	7	14.60
浦项	4	9.09	东北大学	4	8.33
蒂森	3	6.82	北京科技大学	2	4.17
AK资产	3	6.28	钢铁研究总院	1	2.08
住友	2	4.55	其它	24	50.00
三菱	1	2.27			

注:“其它”包括个人、部分硅钢片厂和学校申请的专利。

数量最多。

2 不同厂家申请的专利技术领域分布

2.1 国内外厂家在我国申请无取向硅钢专利分析

从表3中的数据可以看出,国外厂家专利中受保护的技术领域主要集中于硅钢片的高效化和涂层,而产品高效化是当今社会能源紧缺的现实对产品性能的必然要求;特殊用途的电工钢产品同时受到用户和厂家的高度重视。

表 3 国外申请的无取向电工钢专利技术领域分布
Table 3 Distribution of technology fields for applied patents of non-oriented electrical steel produced at abroad

厂家名称	高效化	连铸薄带	轧制工艺	涂层	其它 (高强度等)
JFE	8		3	5	4
新日铁	4		1	6	
蒂森	1		1		1
浦项	1			2	
AK 资产		1		1	1
总计	14	1	5	14	6

表 4 国内申请的无取向电工钢专利技术领域分布
Table 4 Distribution of technology fields for applied patents of non-oriented electrical steel produced at home

厂家名称	设备	半工艺	高效化	连铸 保护渣	钢带 薄带	轧制 减薄	轧制 工艺	涂 层	其 它
宝钢				1			4	4	2
武钢	1	1	2			1	2	1	1
东北大学				1					
北京科技大学			2						
钢铁研究总院							1		
总计	1	1	4	1	1	1	7	5	3

国内厂家申请的无取向电工钢专利技术领域的分布情况见表 4。由表 4 可见,武钢的专利内容较广泛,涉及半工艺、加工设备和高效化产品;宝钢申请的专利主要集中在轧制工艺和涂层。

2.2 典型专利技术分析

(1) 产品高效化。JFE 和新日铁的电工钢产品高效化工作较为显著,并申请了多个相关专利^[1-12],如表 2 所示。实现产品的高效化一般首先使原材料高纯化,特别是减少 Se、S、N、O 含量,可以在再结晶之后使(110) <001> 织构高度发达;同时加入 Sn、Sb 或其中任何一种,并且以 Al 代 Si,加入适量的 Mn,提高磁感应强度,有利于形成有利的织构;由于微细夹杂物会明显使产品磁性恶化,所以精炼过程中加入 Ca、REM 等添加剂,改变夹杂物性质或使其得到更有效地去除,然后辅以严格的热轧、常化及冷轧工艺,使铁损和磁感应强度得到明显改善。

武钢申请的高效电机铁芯用系列电工钢专利^[13],是一种有极高磁感低铁损的冷轧无取向系列电工钢成分及生产方法。通过调整主合金元素含量,降低气体夹杂,添加偏析元素,采用低温热轧、一次法冷轧、干气或增湿气氛成品退火,使 0.50 mm 产品的 $P_{1.5}$ 为 2.30 ~ 10.00 W/kg, B_{500} 达 1.73 ~ 1.82 T,比普通冷轧无取向硅钢对应牌号高 0.10 T 以上,适宜作各类高效率电机铁芯,亦适宜作普通电机铁芯,可提高电机效率,改善运行指标,实现节能降耗。

(2) 连铸薄带。宝钢申请的一种双辊薄带连铸生产无取向电工钢的方法^[14],以硅含量为 0 ~ 3.5% 的钢水,经过两个转动结晶辊,形成凝壳,从结晶辊导出,形成铸带,铸带进入在线热轧机,在线热轧机的开轧温度处于 800 ~ 1000 °C 的范围,热轧变形量为 5% ~ 25%,经热轧机轧制后卷取。

(3) 涂层。截至目前,有关涂层的专利共查到 19 篇^[15-33],尤其是国外的涂层技术更新很快。新日铁新公开专利 10085586.7 中,提到一种在铁心端面上具有有机硅聚合物的纯有机硅聚合物、改性有机硅聚合物和(或)混合有机硅聚合物的干燥涂膜,并具有 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 平均膜厚度、 $\geq 30 \text{ V}$ 击穿电压和 $\geq 400 \text{ }^\circ\text{C}$ 空气中耐热性的绝缘涂层的一种铁心和生产该铁心的方法,包括形成铁心后,使用一种或多种纯有机硅聚合物、改性有机硅聚合物和(或)混合有机硅聚合物对铁心进行浸渍或喷涂处理。该铁心在绝缘性能、耐腐蚀性、涂层对基础磁铁的粘合性、耐热性和磁性的改进效果等方面极为优异,使得在低温和短时间内进行铁心的绝缘处理,无需进行脱气、退火等预处理。

(4) 加工工艺。有关加工工艺的专利数量也较大,JFE 申请的专利 98105708.X 披露使用 Si 含量小于 1% 的钢,经过转炉吹炼后进行脱气处理,调整到规定成分后铸造,扁坯在 1160 °C 下加热 1 h 后,进行热轧至板厚 2.0 mm,热轧时的终轧温度为 800 °C,卷板温度为 670 °C。接着酸洗该热轧板,然后冷轧到 0.5 mm 的厚度,在 10% H_2 + 90% N_2 的气氛中进行退火,进而在 100% N_2 中磁场退火 750 °C × 2 h。对于 Si 含量处于 0.25% 和 0.75% 水平的产品来说,铁损值分别达到 3.94 ~ 4.05 W/kg 和 3.36 ~ 3.45 W/kg。

(5) 半工艺产品。统计只发现一件武钢有关半工艺产品的专利 94107147.2^[34],专利涉及一种半工艺冷轧无取向电工钢板的生产方法。该电工钢板的化学成分(%)为 $\text{C} \leq 0.01$ 、 $\text{Si} \leq 1.00$ 、 $\text{Mn} 0.20 \sim 1.20$ 、 $\text{P} \leq 0.15$ 、 $\text{S} \leq 0.02$ 、Al(酸溶铝) 0.15 ~ 0.50、 $\text{Cu} \leq 0.10$,生产成磁感高、铁损低的半工艺冷轧无取向电工钢板,其特征在于冷轧后在罩式退火炉或箱式退火炉中于 650 ~ 750 °C 温度下进行 8 h 以上退火处理,然后用 0.5% ~ 2.0% 的压下率进行平整。

3 无取向电工钢发展趋势探讨

近年来,高效和小型高速电机得到快速发展,为此,各生产厂家开发了具有特殊性能的无取向电工

钢,如在高频区具有低铁损或高强度的产品^[35]。

3.1 产品高效化的发展

高效电机用无取向电工钢基本解决了铁损和磁感变化趋势相反的矛盾,虽然通过一些技术处理可以使钢向高纯方向发展,如脱S、脱C和RH真空处理,但向钢中加入一些偏析元素也可以改善织构提高磁性,如加入Mn和Sn。从1965年~1975年家电用高效电工钢得到快速发展,20世纪90年代以后,高效电工钢大量应用于家电和电动汽车,产品高效化后,铁损大大降低。

3.2 特殊用途的产品

(1)薄规格的电工钢。传统的无取向电工钢厚度一般为0.35 mm或0.50 mm,而电工钢厚度减薄以后,厚度可以达到0.20 mm,甚至0.15 mm以下,

厚度减薄以后,产品在高频率下的铁损明显降低,铁损可以降低到传统电工钢的1/2,甚至1/3^[35]。

(2)高强度电工钢的发展。高速旋转的转子要求在高频区具有低铁损和高强度,以抵御离心力的作用,所以屈服强度分别高于570 MPa和780 MPa的厚0.20 mm和0.15 mm的薄规格产品得到发展。产品的高强度主要是通过加入一些合金元素来实现,如加入Mn、P、Ni等。

4 结论

国外厂家在中国申请的无取向电工钢专利主要是日本的JFE和新日铁;国内申请专利的厂家主要为宝钢和武钢。无取向电工钢的发展趋势主要为高效化和特殊用途产品。

参考文献

- 1 真锅昌彦,森田和巳,室吉成,等.磁性优良且表面外观良好的无取向硅钢薄板的制造方法.中国专利:91107594.1,1991
- 2 早川康之,黑泽光正,小松原道朗.加工性和磁特性良好的电工钢板及其制造方法.中国专利:99125153.9,1999
- 3 早川康之,黑泽光正,河野正树,等.铁损低而且磁通密度高的无取向性电磁钢板及其制造方法.中国专利:00133842.0,2000
- 4 高岛稔,佐藤圭司,小原隆史.消除应力退火后铁损低、无取向的电工钢板及电动机或变电器用铁芯.中国专利:95105753.7,1995
- 5 中西匡,高官俊人,河也正树.无方向性电磁钢板、旋转机用部件及旋转机.中国专利:03801038.0,2003
- 6 河野雅昭,河也正树,本田厚人.无方向性电磁钢板及其制造方法.中国专利:02812890.7,2002
- 7 高岛稔,荻野厚,佐藤圭司.无取向电磁钢板的制造方法.中国专利:95119569.2,1995
- 8 高岛稔,河野雅昭,山田克美.无方向性电磁钢板及其制造方法.中国专利:200380104940.5,2003
- 9 川友龟太郎,久保田猛,岛津高英.高磁通密度低铁损的无方向性电磁钢板的制造方法.中国专利:96198854.1,1996
- 10 川友龟太郎,有田吉宏,金尾真一.具有高磁导率的非取向电磁钢片及其制造方法.中国专利:00108116.0,2000
- 11 川友龟太郎,久保田猛,熊野真二.具有高磁通密度和低铁损的非取向电工钢片的制造方法.中国专利:95194275.1,1995
- 12 村上建一,诸星隆,熊野真二.加工性能极好的低铁损的非取向电工钢薄板及其制备方法.中国专利:01119218.6,2001
- 13 张新仁,谢晓心,李炳南.高效电机铁芯用系列电工钢.中国专利:00115993.3,2000
- 14 甘青松,杨春媚,丁培道.无取向电工钢生产方法.中国专利:02112304.7,2002
- 15 熊野真二,开道力,藤井浩康.具有优异端面绝缘的铁心和处理铁心端面以得到绝缘涂层的方法.中国专利:10085586.7,2005
- 16 竹田和年,村上明宏,森本当.粘接用表面涂覆电磁钢板.中国专利:200480003446.4,2004
- 17 黄昌国,郁峰,陈晓.电工钢用水性自粘接涂料.中国专利:10017997.8,2001
- 18 小林秀夫,小菅沼雄,小森Y.具耐蚀性电绝缘涂层的电工钢板及电机或变压器用铁心.中国专利:95103838.9,1995
- 19 小林秀夫,小菅沼雄,横山靖雄.具有良好焊接性能的电绝缘覆膜的电工钢板.中国专利:94108639.9,1994
- 20 小森尤加,山口胜朗,佐藤圭司.能消除应力退火、耐溶剂性优良的电工钢板.中国专利:97120823.9,1997
- 21 小森尤加,山口胜朗,佐藤圭司.能消除应力退火、耐溶剂性优良的电工钢板.中国专利:200510059089.X,2005
- 22 早川康之,黑泽光正,冈部诚司.没有以镁橄榄石为主体的底膜而且其磁特性良好的方向性电磁钢板及其制法.中国专利:02800747.6,2002
- 23 竹田和年.非取向型电磁钢板、其制备方法及其所用绝缘膜形成剂.中国专利:98125578.7,1998
- 24 竹田和年.非取向型电磁钢板的制备方法及其所用的绝缘膜形成剂.中国专利:200310124059.9,2003
- 25 黑崎洋介,荻原悦男,佐藤浩明.小型精密电机用非取向电工钢板.中国专利:01124458.0,2001
- 26 岛津高英,新头英俊,佐藤浩明.具有优异端面绝缘的铁心和处理铁心端面以得到绝缘涂层的方法.中国专利:98125400.4,1998
- 27 裴秉根,张三奎,禹宗秀,等.绝缘涂层具有优良粘附性的无取向电工钢片的制造方法.中国专利:96191991.4,1996
- 28 刘永忠,张三奎,李锡柱.用于形成绝缘膜的涂料组合物,用此涂料组合物涂覆的未取向电工钢板,以及在该钢板上形成该绝缘膜的方法.中国专利:00807715.0,2000
- 29 劳德米尔克 D S,布朗 J L.无取向电工钢的无机/有机绝缘涂层.中国专利:98125437.3,1998
- 30 褚富山,王君祥.电工钢表面涂层的检测方法和装置.中国专利:02137264.0,2002
- 31 黄昌国,路林林.电工钢用涂料.中国专利:03116096.4,2003
- 32 储双杰,陈晓,陈卓林,等.电工钢自粘接涂层的涂敷方法.中国专利:03115928.1,2003
- 33 石生德,应宏,于海,等.电工钢带用铬酸盐-树脂系涂液的涂布方法.中国专利:200410060682.1,2004
- 34 李炳南,潘燕芳,何礼君.半工艺冷轧无取向电工钢板的生产方法.中国专利:94107147.2,1994
- 35 Takeshi Kubota. Recent Progress on Non-oriented Silicon Steel. Steel Research Int. 2005,76(6):464

王立涛(1977-),男,博士,从事炼钢工艺技术与电工钢开发。

收稿日期:2006-07-13