

免耕播种机开沟圆盘材质与加工工艺的研究

魏小波, 李洪文, 凌 刚, 王庆杰

(中国农业大学 工学院/农业部保护性耕作研究中心, 北京 100083)

摘 要: 免耕播种机开沟圆盘是保护性耕作机具的关键作业部件, 其破茬性能以及耐磨性能的好坏直接影响着播种机的播种效果。通过对美国 John Deere460 和 SpainJD 圆盘以及国产圆盘的材质分析结果表明: 国外圆盘开沟器采用的是特殊材质钢材料, 其金相组织为马氏体组织, 而国内采用 65Mn 钢进行表面处理得到的主要是珠光体+铁素体组织和少量的马氏体。试制圆盘选择特殊材质钢进行整体热处理使其转变为马氏体组织, 具有较高的硬度和良好的耐磨性能, 从而具有优异的切茬开沟性能, 是圆盘开沟器国产化的一个重要途径。

关键词: 农业工程; 免耕播种机; 分析; 圆盘; 马氏体; 热处理; 耐磨性

中图分类号: S223.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2007)01-0096-04

0 引言

在保护性耕作机具的研究中, 国内外在设计方面对免耕播种机圆盘开沟器的型式和外形尺寸进行了一些研究, 但是有关圆盘开沟器的选材和热处理加工工艺路线等方面的研究报道较少。免耕播种机开沟圆盘工作环境较为恶劣, 要求具有良好的耐磨性和韧性, 同时要求其具有良好的切茬性能。除了圆盘本身优化设计参数以外, 选择合适的材质和热处理加工工艺是提高圆盘开沟器使用寿命和工作性能的重要手段^[2]。

目前, 我国自主生产的圆盘开沟器主要采用传统的 65Mn 钢材料, 经过淬火和回火后, 硬度一般在 HRC35~45 之间。由中国农业大学自主研发的玉米免耕播种机已经具有了良好的整机性能, 但是圆盘开沟器的工作性能仍无法满足要求, 其主要表现在切茬性能不够理想, 工作寿命达不到要求等方面; 而国外进口的圆盘却不存在这些问题, 工作性能和寿命都远远超过国内产品。由于开沟器为易损件, 消耗量大, 进口成本较高, 因此国产化研究不仅可以降低成本, 而且对加快整机国产化的步伐具有重要的意义。

本文首先对国内外圆盘开沟器的材质进行了分析, 并在此基础上, 结合我国开沟器用材的实际情况, 分别采用特殊材质钢和传统 65Mn 钢两种材料,

选择不同的热处理工艺进行产品试制, 使其金相组织转变为马氏体组织^[1], 从而使国产圆盘开沟器的使用寿命和性能接近和达到进口圆盘开沟器水平。

1 国内外开沟圆盘的材质对比分析

1.1 化学成分分析

对进口件与国产件进行扫描电镜能谱分析 (日立 S-4300 冷场发射扫描电镜及 EDAX Genesis6.0 能谱), 谱线如图 1 和图 2 所示。从图 1 和图 2 中可以看出其均为合金钢, 除了碳以外还含有少量 Si 和 Mn 元素。这种通过能谱扫描只能定性地得出不同圆盘所含有的元素成分, 但是不能定量确定得出圆盘所含各元素的精确含量, 仍须通过进一步的化学成分分析确定其各元素的精确含量。

通过化学分析确定各元素的精确含量, 如表 1 所示。由表 1 可以通过查阅《钢铁材料手册》得出国产件采用的是 65Mn 钢材料^[3], 而进口 John deere460 件和 SpainJD 件与国产件采用的材料存在很大的差异, 其采用特殊材质钢材料, 其中还含有少量的 Al 和 Ti 合金元素。从以上的元素含量测试结果可以发现目前我国用在开沟器等类似农业机械部件上的材料还尚未见报道过, 从这里可以得出目前我国国内自主生产的圆盘和国外进口圆盘首先在选材方面就存在着很大的不同, 这有可能是成为其性能差异的关键因素。

1.2 显微组织和显微硬度

对进口件及国产件进行金相组织检验 (Leica MEF4M 金相显微镜以及中科科仪 SISC IAS6.0 图像分析系统), 检查结果如图 3 和 4 所示。从图 3 和图

收稿日期: 2006-03-23

作者简介: 魏小波 (1980-), 男, 湖北荆门人, 硕士研究生, (E-mail) weixb71@163.com。

通讯作者: 李洪文 (1968-), 男, 江苏泗阳人, 教授, 博士生导师。

4 中可以明显看出，国产件主要为珠光体组织，含有少量铁素体，为退火状态，没有经过热处理；而进口件为马氏体组织，经过了淬火+低温回火处理。这两种组织相比较，马氏体具有较高强度和硬度，耐磨性能好等优点，这也是国产件性能远不如进口件的关键之所在。

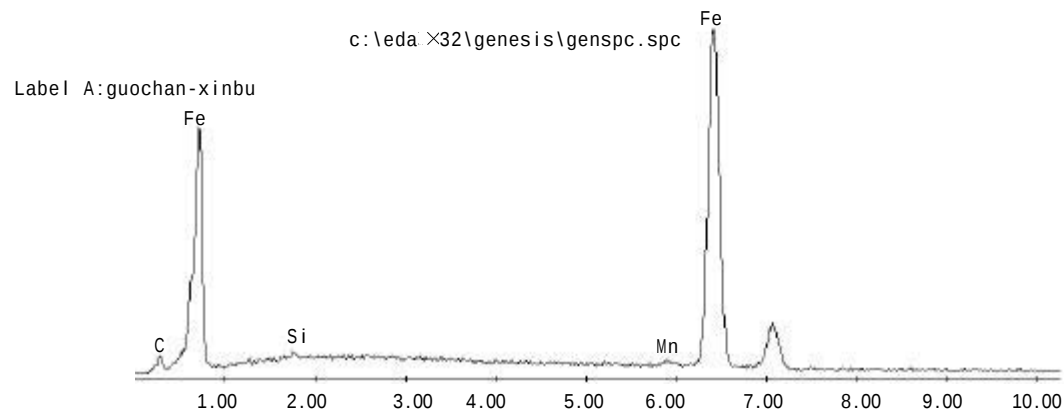


图 1 国产圆盘能谱图

Fig.1 Energy spectrum of homemade disc opener

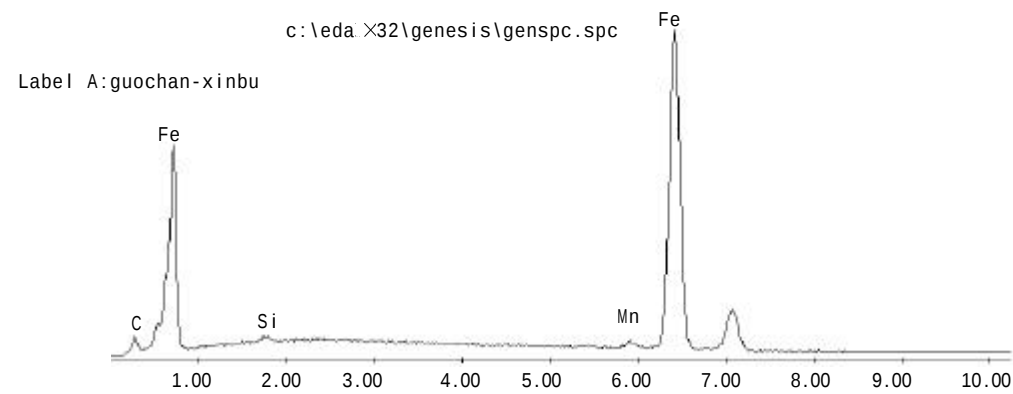


图 2 美国 John Deere 圆盘能谱图

Fig.2 Energy spectrum of John deere disc opener of America

表 1 圆盘开沟器化学成分（质量百分含量）

Tab.1 Chemical component of disc opener(weight percentage)

试样名称	C	Si	Mn	Cr	Al	Ti
国产件	0.62	0.35	1.10	—	—	—
John deere460	0.28	0.39	1.26	0.4	0.06	0.03
span JD	0.28	0.26	1.18	0.4	0.03	0.03

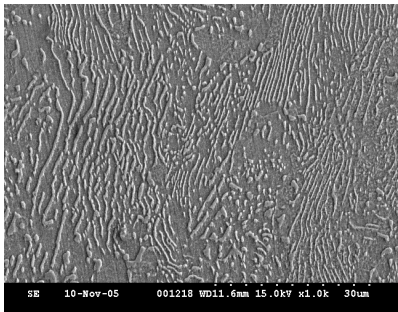


图 3 国产件心部组织 1000×

Fig.3 Center metal micro-phase of homemade disc opener

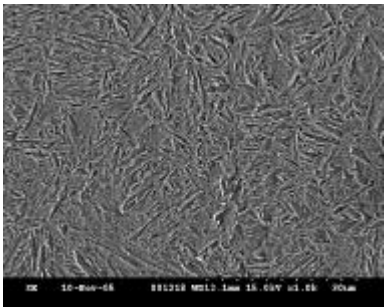


图 4 进口件心部组织 1000×

Fig.4 Center metal micro-phase of imported disc opener

国内外圆盘显微硬度测试，其分别沿圆盘径向取 3 个部位，同时每个部位取表面和心部两点，这样取点的目的是使所取的点能够尽量地覆盖圆盘各

个部位，通过所测得数据结果来进行综合分析整个圆盘的性能特点，采用维氏显微硬度计测试结果如表 2 所示。

表 2 显微硬度测试结果 (H_{0.01})

Tab.2 The result of micro-rigidity test

试样名称	头部		中部		尾部	
	边部	心部	边部	心部	边部	心部
国产件	532	181	548	207	538	205
John deere460	168	595	143	606	193	606

通过对国产圆盘和进口 John deere460 圆盘的维氏显微硬度测试可以得出这两种圆盘的硬度从表面到心部存在很大差异。其主要表现在国产件表面硬而心部较软，而进口 John deere460 件则是表面软而心部较硬。结合金相显微组织图可以看出国产件进行了简单的表面淬火处理，使得其表面一层硬度较高而心部较低的状态；而进口 John deere460 圆盘进行了整体的淬火和回火处理，表面有脱碳层，这是其表面硬度有所降低的原因，除了表面这层较薄的脱碳层外，圆盘的其它所有部位的硬度以及金相显微组织基本一样。

2 圆盘开沟器国产化研究

目前，用于免耕播种机上的开沟圆盘主要依赖于国外进口，价格相对比较昂贵；而国内自主生产的圆盘在性能上又不能满足用户的要求，主要表现在其寿命和工作性能上。由于该开沟器为易损件，消耗量大，资金投入就相对较大，所以目前很有必要生产出适合于我国田间作业性能的圆盘，一方面可以降低其成本投入价格，为农户节约部分资金；另一方面也可以提高我国自主生产的免耕播种机的整机性能。因此，它的国产化研究势在必行。要想改善其性能无非是选择合适的材料和合适的热处理加工工艺。

2.1 材料的选择

用于农业机械上的田间作业部件工作条件比较恶劣，常在潮湿或带腐蚀性（化肥、粪尿、农药等）的环境中服役，经常与土壤中砂石或农作物中的磨料发生摩擦，同时还受到振动与冲击。因此零件除需要足够的强度、刚性和韧性外，还应具备很高的耐磨性和较好的耐蚀性^[4]。所以，选择合适的材料对提高圆盘的性能具有至关重要的作用。通过对国内和国外相关行业的分析了解，主要是通过对国外目前生产的几类圆盘—John deere460 圆盘、spanJD 圆盘以及澳大利亚 BigRig 进口盘进行相关分析，国内目前主要采用的还是传统的 65Mn 钢材料，而国外

除了澳大利亚圆盘采用的此材料外，John deere460 圆盘和 spanJD 圆盘均采用的是特殊材质钢材料，所以应该突破传统的选材规则也采用特殊材质钢材料来进行圆盘的生产加工，然后进行合适的热处理加工工艺，最后再对所制作圆盘进行相关性能的测试，试验总结其性能是否有所提高。

2.2 热处理加工工艺选择

在选择制定了合适的材料方案后，想进一步地改善此种材料生产出的产品性能时，就需要根据所需要达到的性能要求来定制合适的热处理加工工艺路线，使生产出的圆盘产品能够尽量达到所要求的性能。结合圆盘的田间工作条件要求，就需要具有一定的硬度和刚性，这样一方面可以提高其切茬性能，另一方面也可以防止其在碰到较硬物质时发生崩裂、卷刃等失效情况；同时，一定程度上也可以大大提高其寿命。所以，要结合这两个性能要求定制合适的热处理工艺路线。

从进口 John deere460 盘的金相显微组织图 4 中可以看出其为马氏体组织，由于马氏体组织具有较高的硬度，碳质量分数越高其硬度越高，但高碳马氏体由于过饱和度大，内应力高和存在孪晶结构，所以硬而脆，塑性、韧性极差。但是中低碳马氏体，由于过饱和度小，内应力低和存在位错亚结构，则不仅强度高，而且塑性、韧性也较好^[5]。

通过对进口 deere 盘的分析，其除了表面存在较薄一层脱碳层硬度稍微低以外，整体硬度比较均匀在 HRC50 左右，所以对圆盘进行整体热处理加工，而不是只是针对工作部位进行局部热处理，这样就从整体上提高了圆盘的性能而不是仅仅只有局部性能的提高。

所以，在除了圆盘本身的优化设计参数外，选择合适的材料和热处理加工工艺是提高我国自主生产圆盘性能的重要途径。为此，故选择特殊材质钢材料，同时制定合适的热处理工艺路线使其金相组织转变成马氏体组织，这是圆盘开沟器国产化的一条重要途径。

3 结 论

1) 此实验分析得出了国内外圆盘存在差异的关键原因: 一方面是材料的选择不同; 另一方面是热处理的加工工艺路线的不同。

2) 突破传统的选材规则, 采用特殊材质钢材, 大大提高了圆盘的综合机械性能。

3) 圆盘的选材和加工工艺的确定为今后圆盘的国产化提供了有力的支持, 为试制圆盘能够获得成功奠定了坚实的基础。

参考文献:

- [1] 朱张校. 工程材料(第三版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 109-130.
- [2] 杨 丰, 陈晓微, 周长奎. 耐磨材料在土壤耕作部件中的使用[J]. 农机化研究, 2000(3): 111-112.
- [3] 安继儒. 中外常用金属材料手册 [K]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2005.
- [4] Fielke JM, Riley TW, Slattery M G, et al. Comparison of tillage force and Wear rates of pressed and cast cultivator shares[J]. Soil Tillage Res, 1993, 6(2): 317-318.
- [5] 冯承明, 宋云京. 我国农机热处理的发展现状与展望[J]. 金属热处理, 1996(1): 16-26.

Analysis of Materials of Different Disc Opener for No-tillage Planter

WEI Xiao-bo, LI Hong-wen, LING Gang, WANG Qing-jie

(College of Engineering/Conservation Tillage Center of Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Disc opener is one of key parts on no-till planter; its cutting capability has direct influences on the planting and fertilizing. Imported disc opener from USA John Deere Company and Spain JD Company choose special steel with its metal micro-phase of martensite. Homemade disc opener mainly choose 65Mn steel with the heat treatment of local quenching + low temperature tempering getting the pearled, ferrite and little martensite. So choosing special steel with feasible heat treatment is one of important approaches to make the disc opener in homeland with good cutting and wear resistant capability.

Key words: agricultural engineering; no-tillage planter; analysis; disc opener; martensite; heat treatment; wear resistant capability

(上接第 95 页)

- [2] 李成华. 铲式玉米精密打穴播种机的计算机辅助设计[R]. 长春: 吉林工业大学博士后研究报告, 1998.
- [3] 何 波, 李成华. 铲式成穴器工作过程的计算机辅助分析[J]. 中国农机化, 2005(2): 77-79.
- [4] 詹友刚. Pro/ENGINEER 2001 教程(第二版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

Abstract ID: 1003-188X (2007)01-0094-EA

Stress Analysis of Key Parts on Spade Punch Precision Planter

HE Bo¹, LI Cheng-hua²

(1. College of Mechanical and Automobile, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110034, China; 2. Shenyang University of Technology, Shenyang 110168, China)

Abstract: Based on structure and characteristic analysis of spade punch precision planter for maize, its stress analysis has been conducted with ANSYS. The results show that the shape of spade moving track is dimensional spry cycloid, so the outer side pushes the soil and the hatch on the inner side of spade soil opener has no contact with the soil during the hole-forming process, which ensures that there is no jam in the throwing opening. And with the increasing of spade entering depth, the gap between spade inner side and outer soil is augmented gradually. Therefore, a theoretical basis is provided for the design of the spade punch opener for precision planter.

Key words: agricultural engineering; spade punch planter; analysis; maize; key parts; stress

免耕播种机开沟圆盘材质与加工工艺的研究

作者: 魏小波, 李洪文, 凌刚, 王庆杰, WEI Xiao-bo, LI Hong-wen, LING Gang, WANG Qing-jie
作者单位: 中国农业大学, 工学院/农业部保护性耕作研究中心, 北京, 100083
刊名: 农机化研究 
英文刊名: JOURNAL OF AGRICULTURAL MECHANIZATION RESEARCH
年, 卷(期): 2007(1)
被引用次数: 2次

参考文献(5条)

1. 朱张校 工程材料 2001
2. 杨丰;陈晓微;周长奎 耐磨材料在土壤耕作部件中的使用[期刊论文]-农机化研究 2000(03)
3. 安继儒 中外常用金属材料手册 2005
4. Fielke JM;Riley TW;Slattery M G Comparison of tillage force and Wear rates of pressed and cast cultivator shares 1993(02)
5. 冯承明;宋云京 我国农机热处理的发展现状与展望 1996(01)

本文读者也读过(10条)

1. 王华. WANG Hua 试论免耕播种机的结构设计与技术分析[期刊论文]-科技情报开发与经济2005, 15(21)
2. 秦贵 2BQM-6气吸式切茬免耕播种机[期刊论文]-农机科技推广2007(6)
3. 李世卫, 李洪文, Li Shiwei, Li Hongwen 基于计算机视觉的田间秸秆覆盖率计算[期刊论文]-农机化研究2009, 31(1)
4. 李洪文, 王晓燕, 李兵, 魏延富 小麦对行免耕播种机试验研究[期刊论文]-农机化研究2004(5)
5. 马少春, 李洪文, 何进, MA Shao-chun, LI Hong-wen, HE Jin 耢作割刀的设计与试验[期刊论文]-农机化研究2006(3)
6. 朱光明, 杨林, 李洪文, ZHU Guang-ming, YANG Lin, LI Hong-wen 2BQMF-5型气吸式施肥免耕播种机的设计与试验[期刊论文]-农机化研究2008(7)
7. 王庆杰, 李洪文, 奚佳有, 张旭, 尤晓东, 张洪涛, Wang Qingjie, Li Hongwen, Xi Jiayou, Zhang Xu, You Xiaodong, Zhang Hongtao 耢作区几种保护性耕作种植模式研究[期刊论文]-农机化研究2009, 31(7)
8. 于燕, 李丽, 王明昱, 刘辉, YU Yan, LI Li, WANG Ming-gang, LIU Hui 免耕播种机开沟圆盘淬火过程的数值模拟[期刊论文]-热加工工艺2007, 36(22)
9. 李海建, 李洪文, 李问盈, 姚宗路, LI Hai-jian, LI Hong-wen, LI Wen-ying, YAO Zong-lu 分体式小麦免耕播种机的设计[期刊论文]-农机化研究2007(11)
10. 张登荣, 毕桂荣, 张宏喜 几种农业机械化耕作机具特性及生产应用[期刊论文]-农民科技培训2010(9)

引证文献(2条)

1. 刘敬, 高晓丽, 徐杨, 陈晓敏, 凌刚 激光熔覆仿生非光滑表面磨粒磨损性能的研究[期刊论文]-材料工程 2013(12)
2. 牛博英, 马洪亮, 史磊 小麦免耕播种机防堵装置的研究进展——以一年两熟地区为例[期刊论文]-农机化研究 2009(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhyj200701032.aspx