

农机零件受土壤磨粒磨损 表面磨痕的微观分析

周平安 孙家枢 张兴龙

(中国农机院工艺材料研究所)

摘 要

本文叙述了结合东北黑龙江嫩江地区、海南岛地区八一农场及罗豆农场等地的土壤条件测定,用金相及扫描电镜对实际试验的犁铧、耙片和土壤磨粒的观测结果。结果表明犁铧、耙片等受土壤磨粒磨损的主要特征是擦伤类型的塑性变形(犁皱),犁皱的深度及特征与耕作地区的土壤特性有关。并将实际零件与橡胶轮及回转盘磨粒磨损试验机试样的磨损表面进行了对比,已经看到这两种试验机在一定条件下能不同程度地代表土壤磨粒磨损的特性。还观察了经表面耐磨堆焊的零件的磨损特征,发现这种强化处理可使犁铧寿命有明显的提高。

一、概 述

磨粒磨损是材料消耗中一个严重问题。在农业机械中,特别是与土壤直接接触的耕作机械零件,工作条件相当恶劣,每年都有大量的零部件因磨损造成破坏而必须更换。

据我国1975年调查统计,全国农机用钢有50%消耗于配件生产。仅犁铧、犁壁、耙片三种零件,消耗钢材就达5万吨^[1]。我国有大量的农机零、配件厂,每年生产大批易损件满足替换的需要。所以,研究农机零、部件受土壤磨粒磨损的特征,分析材料因磨损造成破坏的机理,寻求提高材料耐磨性的途径和措施,一直是农机材料、工艺研究工作者的任务之一。

对于金属磨粒磨损破坏机理目前尚无统一的认识。一般可以概括为三种不同的假说:一是显微切削假说,认为磨粒磨损是由于磨粒在金属表面产生显微切削造成的;另一种假说认为磨损是接触疲劳造成,即磨粒使金属表面产生反复变形以致疲劳破坏;第三种假说是擦痕假说,认为磨粒首先在金属表面挤压出擦痕,擦痕两侧的金属已经受到一定程度的破坏,所以很容易被其它磨粒切削掉。

近年来,有不少研究者利用金相、扫描、透射电镜等表面分析工具来从事磨损方面的研究^[2,3]。但对受土壤磨粒磨损的材料表面的研究尚不多。本研究企图直接从农机零件(犁铧、耙片等)受土壤磨损的表面特征出发,利用微观分析方法,分析在不同土壤磨粒条件下,各种材料的磨损破坏形式,为合理选择材料类型、热处理规范以及其它强化措施提供依据。

本文通过对我国典型耕作地区东北黑龙江嫩江地区、海南岛地区八一农场及罗豆农场等地实际试验的犁铧、耙片调查,结合该地区土壤条件的测定,在金相及扫描电镜下对实际零件磨损表面进行了仔细观测分析,并与室内橡胶轮及回转盘磨粒磨损试验机磨损试样的表面磨痕进行对比,同时还观察了经表面耐磨堆焊的零件的磨损特征,对试验结果作了初步分析。

二、试验方法和试验条件

在黑龙江嫩江及海南岛地区试验农场测定了土壤坚实度、粒度分布及晶形特征。表1为试验地区试验零件的材料特性;表2为试验地区的土壤磨粒粒度组成。表3为试验地区按粗细砂粒组成的百分数。图1~4为试验地区典型土壤磨粒的晶形照片。

表 1

试 验 地 区	农 场	零 件 名 称	材 料	热 处 理	硬 度 HRC
黑龙江嫩江地区	二 连	犁 铧	65SiMnRe	淬火回火	57
	七 连	犁 铧	65SiMnRe	淬火回火	57
海南岛地区	罗 豆	犁铧堆焊犁铧片	65Mn	淬火回火	57
	八 一	犁铧片	65SiMnRe 65Mn	淬火回火	57

表 2

地 区	百分数	粒 度 (毫 米)										
		2	1.25	0.80	0.50	0.40	0.20	0.125	0.08	0.063	0.05	盘 底
嫩 江	二 连	0.05	0.136	0.180	0.536	1.310	38.308	42.132	10.774	2.640	1.748	1.750
	七 连	—	0.162	0.398	1.262	1.954	17.744	22.688	2.192	12.950	8.008	9.522
海 南 岛	八 一	0.976	5.808	8.378	19.916	11.502	27.092	12.666	7.468	2.968	1.440	0.866
	罗 豆	0.375	1.41	2.07	4.1	3.42	1.26	17.6	55	1.04	0.535	—

表 3

地 区	百分数	粒 度 (毫 米)		粉 砂 粒 及 粘 粒 盘 底	硬 度 HV
		粗 砂 粒 2~0.20	细 砂 粒 0.20~0.05		
嫩 江	二 连	2.21	91.60	1.750	—
	七 连	3.776	84.59	9.522	—
海 南 岛	八 一	46.58	51.63	0.866	1000~1200
	罗 豆	12.64	75.44	—	970

将现场取得的犁耙片试样立即用醋酸纤维纸保护好磨损的表面，不得受损伤。在实验室用砂轮切片机切割下所需观察的犁铧或耙片部位，将醋酸纤维纸揭开并用酒精溶液清洗晾干，在金相显微镜（一般为 $200\times$ ）及扫描电镜（一般为 $500\sim 2500\times$ ）下进行观察。

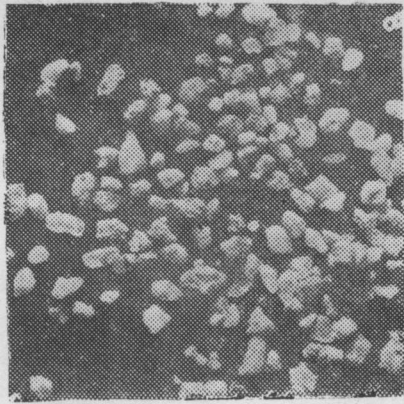


图1 嫩江地区二连农场
土壤磨粒晶形

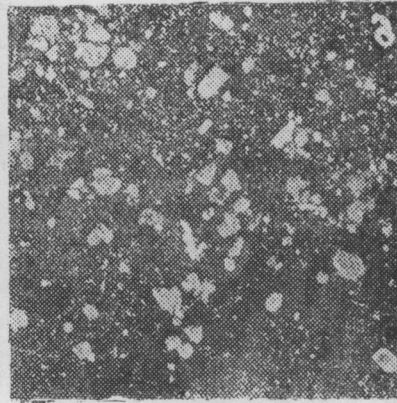


图2 嫩江地区七连农场
土壤磨粒晶形

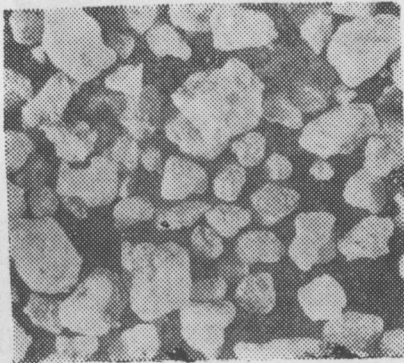


图3 海南岛八一农场
土壤磨粒晶形

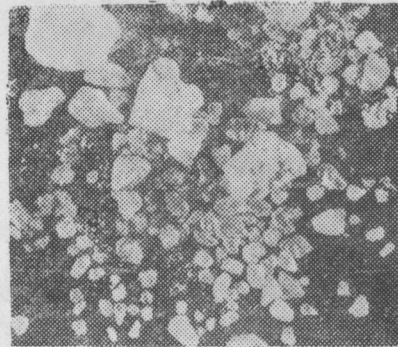


图4 海南岛罗豆农场
土壤磨粒晶形

选用的磨粒磨损试验机有两种类型。一种是自行设计制造的，自由磨粒状态的磨粒磨损试验机（回转盘式）；另一种是改装后的美国 Fargo 公司生产的橡胶轮试验机。两种试验机选用的试验参数见表 4。

三、试验结果

1. 试验犁铧、耙片磨损表面的微观分析

在海南岛罗豆及八一农场以及东北嫩江地区试验的犁铧、耙片磨损后表面磨痕的扫描电镜照片见图 7~9。

表 4

试验机类型 \ 试验参数	转 速 (转/分)	线 速 度 (米/分)	载 荷 (公斤)	行 程 (米)	岩 粒 组 成
回 转 盘	48	123.6	压 重	4800	湖 南 长 沙 砂 水分2~4% 20~40目 HV = 840
橡 胶 轮	240	134	1公斤 9.5公斤	560	广 东 新 会 砂 水分60% 30~50目 HV = 960

注：试样材料均为35Mn淬火回火HRC57；两种试验机选用的砂粒晶形见图5、6。

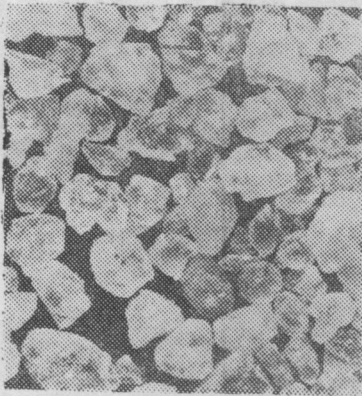


图 5 橡胶轮试验机采用的广东新会砂晶形 (40~60目)

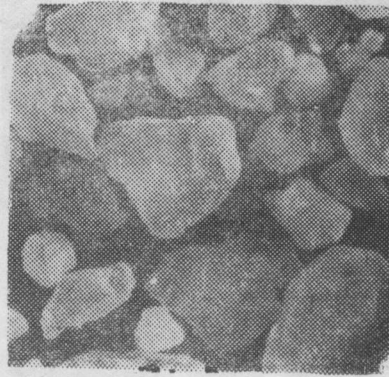


图 6 回转盘试验机采用的湖南长沙砂晶形 (20~40目)

由图可以看出：犁铧、耙片在耕作过程中，经土壤磨粒磨损后，零件表面磨痕的基本特征的擦伤类型的破坏形式，即材料受硬质磨粒的作用，磨粒压入材料表面，使金属产生塑性变形（犁皱）。在金相显微镜低倍条件下观察（图10、12），可以明显地看到磨损表面产生深浅不同的刻痕，这种刻痕无确定的方向性，但常在某个趋向上出现个别比较明显的深刻痕。由于这些交叉的刻痕反复作用的结果，造成材料逐步剥落而破坏。

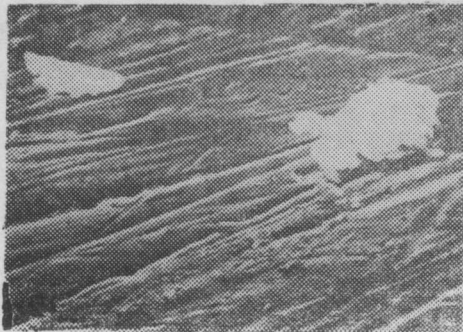


图 7 海南岛罗豆农场试验耙片磨损表面扫描电镜照片 (1) 1250×

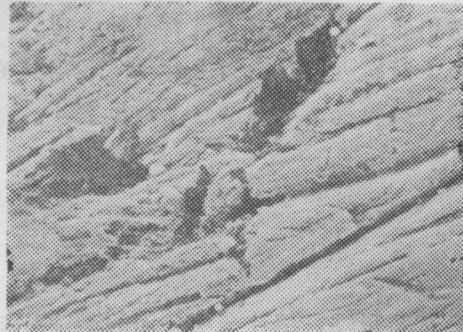


图 8 海南岛罗豆农场试验耙片磨损表面扫描电镜照片 (2) 1250×



图9 海南岛罗豆农场试验耙片磨损表面扫描电镜照片(3) 1900×

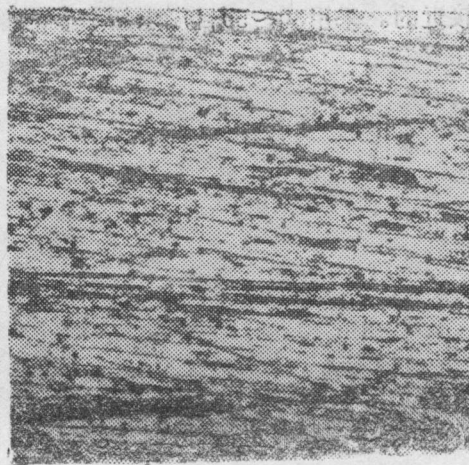


图10 海南岛地区犁铧试样表面磨痕金相显微镜照片 200×



图11 橡胶轮试样磨损表面金相显微镜照片 200×



图12 黑龙江嫩江地区犁铧试样表面磨痕金相显微镜照片 200×

在扫描电镜下仔细观察这些刻痕的微观特征,可以明显地证实造成这些刻痕的原因就是由于硬质砂粒的嵌入引起的(图7)。在试验耙片的试样表面,某些取向合适的、带尖锐角的砂粒压入金属表面同时相对滑动,产生犁皱。取下的试样表面保留了土壤砂粒嵌入状态。

在比较严重的磨粒磨损条件下(海南岛地区磨损的耙片),在扫描电镜下可以看到材料表面产生像宏观的丘陵山区那样的峰谷和交叉河道似的磨痕(图8、9)。局部地区有严重的掘起和深坑。所以,材料磨损的程度是与土壤磨料的条件密切相关。黑龙江地区土壤砂粒较细,对材料的破坏比较缓和,表面产生的刻痕较浅而且比较分散。而海南岛地区土壤中较多是大块及较尖锐的砂粒,造成对犁铧或耙片较明显的刻痕。从实际使用寿命的对比也得到类似的结果。海南岛地区犁铧、耙片的使用寿命要远低于黑龙江地区。

2. 两种试验机试样表面与实际犁铧磨损后试样表面的对比

图10~13为橡胶轮试验机试样(载荷1公斤)及回转盘试验机试样与不同地区犁铧磨损后表面磨痕金相显微镜对比照片(200×)。

从图可以看出,这两种试验机在选择适当的试验条件下,与实际犁铧试样表面的磨损是比较接近的。采用30~50目广东新会砂的橡胶轮试验机(载荷1公斤)较好的模拟海南岛地区土壤磨粒的特性。而采用20~40目湖南长沙砂自由磨粒状态下磨损试样表面与黑龙江嫩江地区的犁铧磨损表面磨痕更为接近(图12、13)。

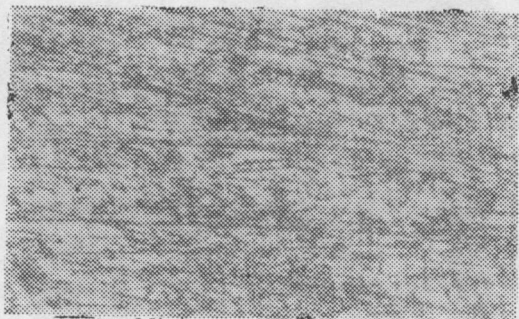


图13 回转盘试样磨损表面
金相显微镜照片 200×

显然,这尚需作进一步研究加以证实。

3. 经表面耐磨堆焊的犁铧试样表面磨痕的观测

在海南岛罗豆农场试验了等离子堆焊的犁铧(堆焊成分为20~25%铬的高铬铸铁),用同样的方法来观察这种犁铧试样表面的磨痕特征。图14为金相显微镜照片,图15为扫描电镜照片。

由图可以看出,经表面耐磨堆焊的犁铧试样表面磨痕与普通犁铧的磨痕有明显不同。由于堆焊材料表面硬度高达HV1000,所以,土壤磨粒对于材料表面不易造成深的刻痕,同时,刻痕常表现为不连续性,数量也少得多。在刻痕的四周金属较少产生塑性变形。在稍加腐蚀后的试样表面在金相显微镜下观察,可以明显地看到横向的粗大碳化物(Cr_7C_3)对磨痕产生的阻碍作用。堆焊处理改善磨痕表面特征的观测结果与实际犁铧耐磨性提高的结果是相一致的。

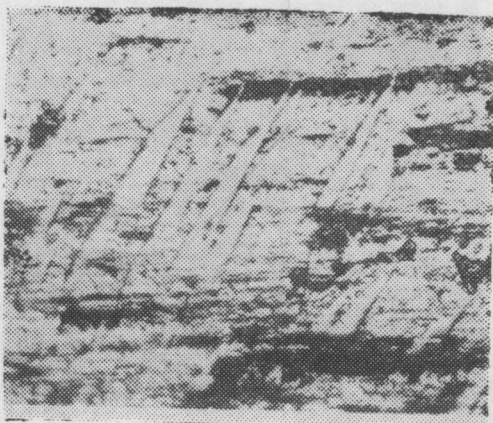


图14 海南岛罗豆农场等离子堆焊处理犁铧表面磨痕的金相照片 200×
(4%硫酸酒精溶液腐蚀)

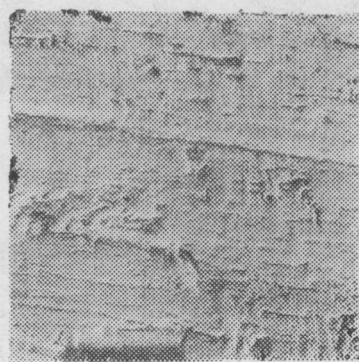


图15 海南岛罗豆农场堆焊处理犁铧表面磨痕的扫描电镜照片 750×

四、结 论

1. 利用金相显微镜及扫描电镜,对实际农机耕作零件磨痕表面进行微观分析,可以直观

地获得金属材料受土壤磨粒磨损的概貌，这是一种有效的分析土壤磨粒磨损特征的定性方法。

2. 农机耕作零件犁铧、耙片等受土壤磨粒磨损的主要特征是显微擦伤（犁皱）。这种犁皱无确定的方向性，但在某个趋向上常出现个别比较明显的刻痕，由于这些交叉的刻痕反复作用结果，造成材料的逐步剥落而破坏。

3. 磨痕表面产生犁皱的深度及特征与耕作地区的土壤特性（粒度、硬度，尖锐性与坚实度等）有关，可以明显地看到黑龙江嫩江地区与海南岛地区不同土壤条件下犁铧表面磨痕的差别。

4. 通过实际零件与橡胶轮及回转盘磨粒磨损试验机磨损表面的对比，可以看到这两种试验机在一定条件下能不同程度地代表土壤磨粒磨损的特性。

5. 通过耐磨堆焊强化处理可使犁铧寿命有明显的提高。其表面磨痕特征与普通犁铧有很大差别。其主要特征为磨痕的不连续性及金属材料较少的塑性变形。且能明显的看到粗大碳化物的抗磨特征。

参 考 文 献

- 〔1〕 谢友柏，润滑与密封，1979，2.
- 〔2〕 Buckley, H. D., *Wear*, 49 (1978) 1, 19.
- 〔3〕 Newman, G. T. et al., AD-715435 (1970).

（上接第3页）

近年来，我国社会主义建设的实践，特别是某些特殊工况下的润滑问题没有得到很好解决以及某些机械产品使用寿命低而实现固体润滑后又有着显著效果的事实，再加上有些国外专家的积极建议，已经使有关部门对于开展固体润滑研究的重要性有了比较充分的认识。我们相信，在这个学科各个领域工作的机械工程师、润滑工程师、材料科学家、化学家和物理学家，以及有关的工人和技术人员只要大家共同努力，相互交流，从不同的角度以现代测试技术为手段，不断吸取表面物理、表面化学、材料科学和机械科学的研究成果，对固体润滑的多因素综合作用的机理作深入的研究，并把这种研究同工业技术的实际应用结合起来，一定会取得更多的新成果。

今天，固体润滑作为摩擦学中的一个方面，正方兴未艾，它的优良性能和应用潜力已为国内外的大量成果所充分肯定。可以深信，随着它在我国的进一步研究和推广应用，必将在社会主义现代化建设中作出更大的贡献。