

# 石制品微磨痕分析的实验性研究

侯 亚 梅

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,北京 100044)

**关键词** 石制品;扫描电子显微镜;微磨痕;盲测

## 内 容 提 要

以扫描电子显微镜为主要手段,依据 Keeley 的实验方法,对实验和“盲测”的燧石制品进行了微磨痕 (microwear) 的观察分析,验证了该方法的可行性;表明在石制品的加工方式、加工对象与其可能的残留信息——石制品的使用痕迹,如以光泽、条痕、破损疤为主要特征微磨痕之间所具有的某种实验模式,初步掌握了微磨痕研究的实验方法,取得了一些结果,并予以检验;利用扫描电镜观察“晶体破损”与否,可能是鉴定石制品使用或未使用的一种行之有效的办法。

## 一、序 言

石制品功能的研究已成为史前考古学研究的一个分支,微磨痕分析是研究石制品功能的比较有效的新手段,其目的正如 Keeley(1980)所指出的“以最大可能复原原始人群的经济活动”。20年来,一些发达国家的考古学家比较广泛地进行了这项工作。为适应旧石器考古学的发展,在我国开展微磨痕研究显得十分必要,故拟定本课题作为笔者的硕士论文。这项研究分三个部分:实验样品的制备、使用和微磨痕分析,借以掌握微磨痕分析的方法;“盲测”试验,用以验证对微磨痕分析方法掌握的程度;考古标本的微磨痕分析,为今后在我国开展旧石器时代标本的微磨痕分析积累初步的资料和实际工作经验。本课题的主要工作于1988年秋—1989秋进行,取得了一些初步的结果,1990年夏,随整理、分析工作的结束,完成初稿的写作,并作为硕士学位论文,通过了答辩。本文是在毕业论文的基础上进一步整理而成<sup>1)</sup>,不足之处,恳请学界前辈及同行们指正。

## 二、微磨痕研究简史

石制品功能的研究,在旧石器时代考古学发展的初期,就从形态上宏观地推测(Rau, 1869; Leguay, 1877等)到功能检验的实验(Spurrel, 1884; Warren, 1914等)等方面受到

1) 笔者的硕士毕业论文是在张森水老师的悉心指导下完成的,在工作过程中得到本所电镜实验室欧阳涟老师的大力支持,帮助笔者克服了许多困难,摄制并冲扩了大量的显微照片;同时得到贾兰坡、李炎贤、盖培、林圣龙、尤玉柱等先生的关心、指教;英国谢菲尔德大学考古学系的 Dr. Phillips 教授和法国国家史前学中心的 Dr. Plisson 博士热心提供了很多宝贵的外文资料;高星、杨东亚、龙凤骧同志也给予了很多支持和帮助,特此致谢。本篇收录的是笔者硕士毕业论文实验部分的微磨痕研究,考古标本部分的研究将于下期另文发表。

史前考古学家的重视,也曾有人提出通过工具的磨损痕迹来分析确定其用途,如 Nillson (1838—1843) 就指出:“通过仔细检查工具如何磨损,在一定程度上常常可以得出它们是如何使用的结论”(Olausson 译,1980)。E.C. Curwen(1930)较早开始用低倍显微镜研究石制品上的使用痕迹,1957年,苏联考古学家 Semenov 发表《史前技术》一书,书中他根据自己 20 余年的研究成果,简要记述了打击石器的实验和使用痕迹的分析,总结了一些加工材料所产生的微磨痕特征。该书的英文译版 (Semenov, 1964, Tompson 译),引起了西方考古学家的重视,开始采用类似的方法,从事实验的以及考古标本的微磨痕分析,迄今为止,在观察手段上,已从低倍发展到高倍,包括扫描电子显微镜(以下简称电镜)的使用,放大几百倍乃至上千倍,使微磨痕特征的辨别更加微观化,取得了一批前所未有的工具使用的信息,发表了大量论著,其中,以 Keeley 所著的“Experimental Determination of Stone Tool Uses——A microwear analysis”为代表,他指出:“在实验过程中最重要的发现是——因接触不同材料而形成的微磨痕光泽具有可鉴别的外观特征,并且确实能够互相区别开来。”(Keeley, 1980) 这一发现被誉为“用高倍观察方法对燧石工具进行微磨痕分析的奠基石”(Newcomer *et al.*, 1986),标志着微磨痕研究新阶段的到来。笔者依据 Keeley 的实验方法,首先对实验样品进行微磨痕分析,取得了一些认识,扼要记述如下:

### 三、技术手段与实验方法

#### (一) 术语说明

**微磨痕:** 利用显微镜观察到的,由于使用而在石制品的刃口或边缘上发生的细微变化,以磨光、擦痕、破损疤为主要特征。

**微磨痕面:** 微磨痕所覆盖的石制品局部的微表面(简称微面)。

**微区:** 通过显微镜观察到的微磨痕的局部范围。

**接触面:** 使用时,石制品边、刃部(腹面或背面)与加工对象相接触的表面(简称正面),有时腹背两面同为接触面。

**非接触面:** 使用时,石制品边、刃部(腹面或背面)未与加工对象相接触的表面(简称反面)。

**横向:** 与边、刃走向平行的运动方向,如切割、锯等加工方式。

**纵向:** 与边、刃走向垂直的运动方向,如刮、削、楔等加工方式。

**光泽 (polish):** 由于受外界作用而发生改变的石制品微面的一种磨损形式,具有反光度(明暗)、密度(致密或稀疏)和分布上的差异。

**亮痕:** 光泽的具体形式之一,表现为大小不一的条状光带。

**擦痕 (abrasion):** 使用时,石制品的边、刃与被加工物发生的摩擦作用而在石制品微面上产生的一系列条痕、微坑等微磨痕形式。

**条痕 (striation):** 微磨损面上的擦痕,表现为宽窄、深浅及长短不一的沟、槽。

**边、刃破损 (edge damage):** 石制品在使用过程中产生边、刃部的崩落,表现为不同形式的破损疤、崩裂等。

崩裂：边、刃微面近处的破损现象，表现为横向或纵向的裂层，有时呈台阶式，即叠裂层。

端部：石制品腹背面之间的过渡微区，即边、刃缘部。

斜坡：边、刃近处的倾斜微区，与端部相接。

纹理：石制品表面原有的线状结构。

微坑：微面上凹陷的部分，呈略圆或不规则等形态。

指向：微磨痕所显示出的运动方向，与边或刃缘平行、垂直或倾斜。

## (二) 实验程序

### 1. 石制品的制作、使用和记录

石制品的原料来自山西寿阳<sup>1)</sup>，包括粗细两种黑色燧石。以锤击法打制了 300 多件石片，从中选出 43 件，其中 16 件加工成器。

实验选择的加工对象有木料(干、湿)、新鲜的肉、皮、骨头；加工方式有刮、削、切割、锯、砍劈、楔、锥刺、钻、刻划等 9 种。加工方式与加工对象的组合共 22 种。在 43 件实验样品中，使用石片 25 件，使用石器 15 件，未使用的石片 2 件，刮削器 1 件。在 40 件使用样品中，使用的边、刃数量为 77 个(表 1、图 1)。

观察前的记录项目有：长、宽、厚；边刃角；修整与否；使用边及其形态；加工对象；加工方式(包括运动方向、使用时间、接触面)。

### 2. 观察对象的清洁与备样

1) 用酒精擦去石制品上因执握留下的油脂，然后用温水和洗涤剂清洗，对有沉积物附着的考古标本则适当延长其浸泡时间，直到洗净为止。对经过上述方法处理后仍有沉积物附着的石制品，将其进一步浸入温热的 HCl 溶液(10%)和 NaOH 溶液(20%—30%)中——HCl 溶液可以去掉大部分无机盐类，NaOH 可以去掉有机物。

2) 将石制品置于盛有蒸馏水的超声波容器中进一步清洁，而后，用镊子将石制品从

表 1 实验的加工方式和加工对象

		削	刮	锯	楔	砍劈	钻	刻划	锥刺	割除皮下脂肪	切割
木 头	干	2	7,8	3	1		2				
	湿	1	2,3			2,3		1			
新鲜肉类											7,13
新鲜皮质							3	2	2	6,8	7,9
新鲜骨头			4,7	3,4		1					

注：表中数字前者为件数，后者为边、刃数，唯一者表示件数与边、刃数相等。一件石制品的不同边、刃用于两种以上的加工方式时，则分别记数。

1) 原料由山西省考古研究所陈哲英先生赠送，在此笔者表示衷心的感谢。

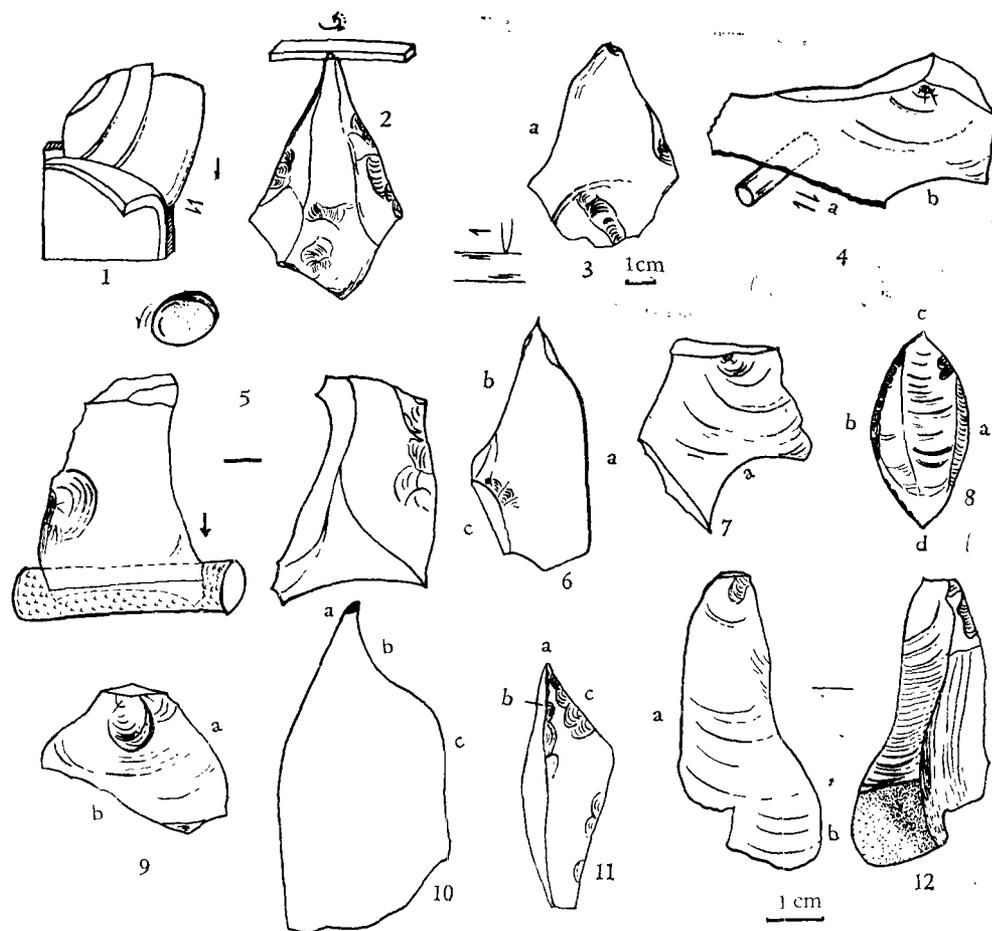


图1 实验样品的使用

Uses of experimental flint tools

- 1.(E4), 切除脂肪 (removing hide from flesh, 14'); 2.(E5), 钻肉皮 (drilling fresh hide, 8'); 3.(E6), 刮干木 (scraping dry wood, 5'); 4.(E20), a: 锯干木 (sawing dry wood, 8'); b: 刮木头 (scraping dry wood, 5'); 5.(E27), 楔干木 (wedging dry wood, 10'); 6.(E10), 切割瘦肉 (cutting lean pork), a: 15'; b: 2'; c: 2'; 7.(E16), 刮干木 (scraping dry wood, 5'); 8.(E34), a: 割肉皮 (cutting fresh hide, 5'); b: 刮皮下脂肪 (scraping hide with grease, 5'); c, d: 戳入肉皮 (piercing into fresh hide, 5'); 9.(E35), a, b: 刮肉皮 (scraping hide with grease, 6'; 5'); 10.(E12), a: 戳入鱼腹 (piercing into the belly of a fish, 0.5'); b: 剖鱼腹 (cutting open the belly of a fish, 5'); c: 切鱼肉 (cutting fish, 8'); 11.(E21), a: 钻干木 (drilling dry wood, 5'); b: 刮湿木 (scraping damp wood, 5'); c: 刮干木 (scraping dry wood, 5'); 12.(E28), a, b: 切肉 (cutting pork, 12')

(图中石制品除 E6 为 1/2 外, 其余均为原大)

(Sketch of the artifacts is 1/1, but E6 is 1/2 on the scale)

(说明: E4 为实验编号, 14' 为使用分钟数, 其它同此)

器皿中夹出, 置于干净的玻璃板上, 放到烘箱内烘干后, 用薄金属片将石制品包样、镀膜, 使之成为导体, 以符合电镜观察的要求。

### 3. 显微镜的使用和显微照相

用低倍显微镜 (Zeiss, Jena, 用至 50X) 和高倍显微镜 (Wild M7A, 用至 330X) 对实验样品和考古标本进行电镜 (JSM-T200) 观察前的预检, 并利用电镜拍摄了大量的显微照片, 使用的最小倍数为 15 倍, 最大倍数为 5000 倍, 多数为 200X, 350X 和 500X, 占总数的 46%。因时间及经费关系, 大部分实验样品 (以及所有的考古标本) 只选择了腹面或背面中的一面予以观察。

#### (三) 实验样品使用的微磨痕分析

经电镜下的仔细观察和对大量显微照片的对比分析, 获得由不同加工方式与加工对象而产生的各种微磨痕特征 (图版 I—III):

1. 加工木头 (表 2), 会在石制品的微面产生特殊的木头光泽, 亮度较大。其分布除受接触范围的影响外, 还因石料质地本身的细腻或粗糙而具有不同的特点。相近条件下, 加工湿木比加工干木的光泽亮度大; 条痕并不总是十分突出, 加工方式的不同决定其程度上的差异; 纵向运动方式较横向运动方式能产生更明显的边、刃破损, 边、刃缘的形态也会对破损疤的类型发生影响。

2. 加工肉类 (表 3)——光泽亮度不显, 总体范围较大, 使用时间较长则易见一簇一簇的团状光泽; 条痕微弱, 边、刃破损少见。鱼类的加工可能比较特殊。

3. 加工新鲜肉皮 (表 4)——具油脂光泽, 富晶莹感, 整体均匀; 易见与亮痕相伴的条痕; 端部纹理所在微面上覆盖的微磨痕具有特殊意义。

表 2 加工木头所产生的微磨痕特征

	光 泽	条 痕	边、刃破损
削	紧接边缘产生, 偶见细长纵向亮痕。	少 见	正面破损疤稍大, 边缘参差不齐而不圆滑, 反面具弧疤, 端部微坑深长, 具指向性。
刮	亮痕短宽, 多见于正面, 呈纵向。有散射特点。	较少, 细浅, 伴亮痕产生, 有散射性。具裂层剥离现象。	多见于反面, 呈浅月疤或梯形疤, 以纵槽相隔, 伴横向裂层, 端部菱形坑疤有指向性和“晶体破损”现象。
锯	亮度较强, 呈片状均匀分布。作网状形。细条亮痕横向互相平行。	以横向条痕为主, 纵向条痕短窄, 与边刃成 70°。条痕很浅。	连续浅疤, 端面纹理稀疏亮度不大, 微坑深宽。
楔	亮面范围大, 纵向粗短条痕较多, 并易见于疤位纵槽上。有特殊的横向光带。	浅宽, 与亮痕同向相间出现, 在近缘处较易见到。	月疤浅窄, 有横裂层或弧裂层。边缘斜坡上有纵向的浅坑, 不如砍劈圆滑。
砍劈	近缘有纵向短亮痕, 细者多于粗者, 以后者亮度集中。	有与亮痕等宽的宽沟产生。	以不规则圆滑的浅月疤为主, 微弧裂层延伸较长, 可见叠裂层及不规则的破损疤。
钻	光亮只见于尖端表面高处或侧边槽上, 垂直于尖刀轴, 侧边槽上的亮痕相对较宽。	细短而不明显, 垂直或近乎平行于尖刀轴, 以前者比较常见。	细微, 多在侧边槽上, 有弧裂层。端部坑凹较深, 远离端部变浅。
刻划	较均匀, 具明显的横向亮痕。	轻 微	浅月疤。端部纹理显示出的微坑浅于锯木头者, 但纹理较致密。

4. 加工新鲜骨头(表 5)——光泽略显混沌,亮度不大,某种加工方式下,易集中于局部微面;条痕随加工方式的变化而有所不同;边、刃破损较易发生,疤型稍显粗陋。

表 3 加工肉类所产生的微磨痕特征

	光 泽	条 痕	边、刃破损
割瘦肉	范围较大,总体亮度不显。亮痕细微,有时局部光泽十分集中,具油脂光泽,横向延伸。	浅显、细短,与亮痕同向。偶见“<”形沟,近缘条痕变细。	微小,于近缘处或偏上部呈半圆形出现,棱角已磨圆。碰到骨头,破损增大,产生三角疤、浅月疤及纵向崩裂。
割脂肪	较瘦肉更不明显,亮痕也较微弱,呈横向延伸	微 弱	边缘较锐时,会产生相间的窄浅月疤,使用时间较长,端部趋于平整,纹路很细微坑近乎隐没。
戳并割鱼肉	“碎花”形态广布。	平行、垂直或倾斜于边缘,亦为“碎花”状。	端部偶见深坑,有起伏明显的纹理层。尖端有很深的“漏斗形”微坑。

表 4 加工新鲜皮质所产生的微磨痕特征

	光 泽	条 痕	边、刃破损
切割	油脂光泽较强,质感晶莹,光泽均匀,表面较粗糙,亮痕指向不显,端部明亮光滑	细微,以横向为主。少数倾斜或垂直于边刃。	微弱,有规则锯齿及间隔小疤,也有微裂层。端部纹理分明,微坑狭长,两头尖,中间宽。
刮	集中于边刃近处及端部,正面可见散漫亮痕,较散,呈纵向。	与亮痕相伴,于边刃处作放射状。边缘斜坡上有个别微弧条痕,呈横向,相对较长且窄。	疤小。边缘裂层变得光滑,较直。
割除皮下脂肪	范围较大,横向亮痕指向微弱。	细窄,与亮痕同向。个别为纵向条痕。	端部纹理类似于切割脂肪特征,但指向更明显。常有磨钝发亮的凹齿。
锥刺	少而不均。	短浅而直,具指向性,与尖刃轴平行。	弱于钻的方式,仅在尖端有浅的弧凹,比较平缓。
钻	只在边峭稍显。	有回旋沟槽。	尖端破损坑深于锥刺造成的破损,常为“漏斗形”。破损疤微浅。侧边浅坑具旋转指向。

表 5 加工新鲜骨头所产生的微磨痕特征

	光 泽	条 痕	边、刃破损
剔刮	集中于边、刃局部,较暗。低角度使用时,主面边缘较亮。	稀疏,微弱。有时在正面会出现弧形浅槽。	以低角使用,在反面会产生极浅月疤。梯形疤较典型,伴微弱弧裂层。垂直使用时,正面会出现以峭相隔的宽疤。端部浅坑具指向性。
锯	光泽微弱,范围大,其间布有极小微坑,整体均匀,略显粗糙。	横向条痕显著,长短不一,断续相连。	破损疤极浅,大小不一。月疤上可产生倒U形沟槽。边、刃斜坡纹理细密,微疤横向互为连接。
砍劈	较宽,分布均匀。纵向亮痕较多。	纵向者较浅,不易分辨。横向宽条痕可见于距缘一定范围内。	波纹状浅月疤深浅稍有差别。端部深而狭长的坑疤,具纵向指向。

#### (四) “盲测”分析及其结果

为了验证笔者对微磨痕分析方法掌握的程度,我的导师张森水先生制作了 9 件燧石制品(编号 BT1-9),由他选择加工方式和加工材料,作了简要的原始记录后交由本人分

析,要求笔者在未知条件下根据其微磨痕特征做出判断,称之为“盲测 (blind test)”。

在盲测分析中,采用了低倍显微镜下的初断,和电镜观察的终断,以后者为主,结果如下(说明:对于有使用痕迹的样品,只记述其使用边、刃的情况,未使用的边、刃虽经观察,但记述从略):

BT1. 原始记录: 剔羊腿肉,碰到骨头 3 分钟。使用部位在左侧边上。

a. 低倍观察: 左侧边腹面观,可见细密锯齿,齿宽小于 0.5mm,其近台面部分的边缘腹面,有明显的条痕与锯齿边相接。背面有不均匀破损疤。左侧边末端有微疤及纵向条痕,呈锯齿状排列,锯齿之间的距离小于 0.5mm。

初断: 左侧边用于加工新鲜肉类,运动方向与边缘基本平行,其末端做过剔刮运动,如剔骨头,呈 90° 使用

b. 电镜观察: 腹面观,微面暗淡,具微弱横向指向,磨损程度较轻 (0573, 200X; 0575, 750X; 0575, 1500X), 条痕浅窄不显,呈横向或纵向倾斜,最边缘处有细微浅凹 (0580, 500X; 0581; 1500X; 0582, 350X), 以边部亮度最强 (0576, 150X; 0577, 200X; 0578, 500X)。

判断: 左侧边切割新鲜肉类,以破裂面为接触面。

小结: 判断基本正确,但最后仍忽略了碰到骨头的可能,如 0573 中显示出的均质磨痕面,微坑浅平,以及三角形疤,都是边缘接触骨头可能产生的微磨痕。

BT2 (图 2,1)。原始记录: 刮骨头凹面 3 分钟,接触不均匀,端刃经第二步加工。

a. 低倍观察: 端刃的修理层次被扰乱,有不规则破损,微面的光亮分布不均。

初断: 端刃曾用于刮,不排除砍劈的可能,接触材料待定。

b. 电镜观察: 背面观,磨损面分布于局部,有散射的亮痕 (0596, 100X; 0598, 15X) 缺乏油脂光泽,总体发暗。偶见纵向宽短条痕 (0599, 150X; 0600; 150X), 破损多发生于边缘层锯齿上,具纵向指向 (0596, 100X; 0597, 200X; 0598, 15X; 0662, 200X)。

判断: 以背面为接触面,剔刮骨头。

小结: 判断基本正确。

BT3 (图 2,2)。原始记录: 以石片尖端刻牛骨。10 分钟。

a. 低倍观察: 尖部有使用迹象,自然结构受到破坏,产生明显裂层。

b. 电镜观察: 腹面观,磨损面光亮不显,层面光亮分布不均,只见于边缘锯齿 (0583, 35X; 0586, 150X), 显示出一种不充分的接触。亮痕的指向与纹理趋向比较一致 (0588, 350X)。几乎不见条痕,破损疤细微 (0580, 350X)。

判断: 以尖端的腹面为接触面抠挖骨头。

小结: 加工对象判断正确,而加工方式的判断有误(因笔者未做刻骨头的实验)。

BT4. 原始记录: 经第二步加工,但未做任何使用。

a. 低倍观察: 尖端微部有轻微破损,不排除使用过的可能。

b. 电镜观察: 腹面观,未有磨损,表面细微颗粒保存完好 (0604, 0605, 750X; 0606, 0607, 1000X), 与未使用者极象。

判断: 未经使用。

小结: 低倍观察不能完全确认其使用与否的原因是细微的修理疤或打片时机械的作

用及其它因素形成的疤与使用产生的微破损疤很难区分,Keeley(1980)也曾注意这一问题。若用电镜观察细小颗粒,似乎更有利于鉴别使用与否。

BT5. 原始记录: 未加工的石片右侧上部用于削干木 10 分钟,破裂面向里,背面向外。削干木的角度为 20—30°。

a. 低倍观察: 腹面边缘有较多连续月疤,似以低角度与加工对象接触所致。

初断: 使用过。

b. 电镜观察: 腹面观,微面表现出明显的加工木头光泽,纵向亮痕清楚(0559, 100X),条痕明晰(0560,15X;0567,100X;0569,100X)。破损明显,边缘微疤具纵向指向(0568,500X;0570,350X)。

判断: 观察边曾用于削木头,以腹面为接触面,< 45° 使用。

小结: 判断基本正确。

BT6. 原始记录: 未加工石片边缘凸缘垂直拉割带毛猪皮 10 分钟

a. 低倍观察: 似乎使用过,半月疤相接处有被磨钝的迹象。

b. 电镜观察: 腹面观,磨损面分布范围较大且均匀,有晶莹感(0618,75X),亮痕平直延伸(0611,500X,0612,350X;0613,750X),条痕基本与尖部轴线垂直,深度与宽度大于加工肉类产生的条痕。边缘端面纹理疏密相间,并非加工脂肪或木头产生的磨损(0616,750X)。

判断: 基本沿边缘方向往复切割,可能是加工新鲜皮质。

小结: 判断基本正确。

BT7. 原始记录: 作第二步加工,但未使用。

a. 低倍观察: 无甚使用迹象。

b. 电镜观察: 腹面观,自然结构完好,没有磨损亮痕,颗粒起伏自然,无磨圆现象(0620,0621,750X)。

判断: 未曾使用。

小结: 判断正确。

BT8. 原始记录: 以修理边刮皮下脂肪,先向背面刮大约 5 分钟,再转过来向破裂面刮 5 分钟。

a. 低倍观察: 有使用迹象,腹面可见纵向擦痕,无横向痕迹。

初断: 背面朝里,腹面朝外,可能是刮的使用方式。

b. 电镜观察: 磨损面覆盖面较大,富有油脂光泽(0554,200X,0557,100X)。刃缘破损不显,微面可见纵向条痕(0558,200X),但偏上有横向条痕。

判断: 切割(接触脂肪较多),可能是刮皮下脂肪。

小结: 加工方式和加工对象的判断均有失误,唯“接触脂肪”准确。失误原因与使用者曾以两个方向刮除皮下脂肪有关,笔者的实验中仅有单向刮的例子。

BT9 (图 2,3)。原始记录: 用未加工的左侧边切割 5cm 长的猪腿肉 5 分钟。

a. 低倍观察: 边缘有破损疤,可能使用过。

b. 电镜观察: 磨光面均匀,但不紧凑(0637,75X)。与加工对象有过充分接触,但排除锯木、骨头的可能,光亮较弱(0634,0628,150X),明显弱于木、骨产生的光泽。条痕

较浅,细窄(0624,100X;0625,200X;0626;500X;0627,100X),横向性明显,个别条痕与边缘呈70°倾斜。边缘具微裂层(0637,75X;0639,200X),边缘端部有较深的微坑和纹理(0641,350X)。

判断: 割肉。

小结: 判断正确

总结: 从表6可以看出,使用与否、加工方式和加工对象判断的正确率分别为100%,78%,70% 总的百分比为82%(表6)。

表6 盲测结果统计

编号(BT)	使用与否及使用部位	加工方式	加工对象	总 计
1	1	1	0.5	2.5
2	1	1	0.5	2.5
3	1	0	1	2
4	1	1	1	3
5	1	1	1	3
6	1	1	0.5	2.5
7	1	1	1	3
8	1	0	0.5	1.5
9	1	1	1	3
总 计	9	7	7	23
可能性	9	9	10	28

注: 判段正确或错误分别以1和0表示,不很确切的判断则以0.5表示。

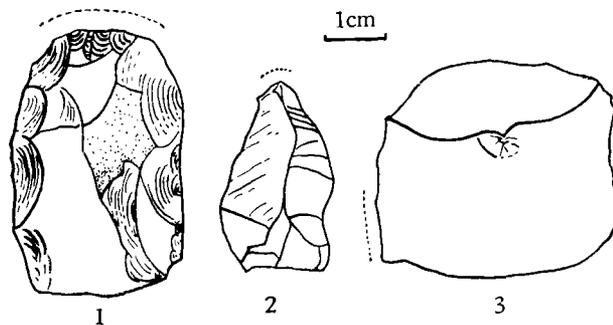


图2 盲测样品(图中虚线所示为使用部位或微磨痕所在)

Samples from the blind test

(the dotted lines mark the position of use and usewear)

- 1(BT2). 刮骨头凹面 (scraping the concave surface of fresh bone, 3');  
2(BT3). 刻牛骨 (carving oxbone, 10'); 3(BT9). 切肉 (cutting meat, 5')

## 四、总 结

本文通过对实验(包括“盲测”)样品的微磨痕分析,基本掌握了 Keeley 的实验方法,验证了其方法的可行性,不同的是,笔者采用的技术手段是在本领域中尚未普遍应用的电

镜,而且,在取得与 Keeley 实验结果有较多认同的同时,也获得了一些新认识:

1. 用电镜分析石制品的微磨痕有局限性,但也有其优点。它较之光学显微镜,有着更高的放大功能,在可能情况下,能够获得更细致的微磨痕信息,如可以看到宽仅几微米的微坑乃至宽小于 1 微米的条痕的细部特征,及更细微的颗粒表面。而用光学显微镜放大至 400 倍时,石制品表面痕迹的显示常常是不太清晰的。

2. 区别使用与未使用,就我们所看到的文献而言,还没有人提到过“晶体破损”,在未使用的样品上看不到晶体破损,而一经使用,(如 E6 在用 HCl 和 NaOH 处理之前)可以看到样品表面晶体的局部破损,位于磨损后的凹槽中,破损方位与使用时受力来源同向,并与凹槽中的颗粒磨损相连。

3. 破损疤的类型与边缘形态有一定关系,如:以刮的方式加工木头时,平直的边刃,在反面易见纵脊相隔的矩形或弧形浅疤,伴有少量平直、缓弧状或倾斜的横向裂层,紧密相叠。边缘微凸——浅月疤,伴波状裂层;边缘微凹——梯形凹疤,带纵脊。此外,疤形与加工方式存在一定关系,削木头,有时易在正面产生贝壳状疤。

4. 与光泽和条痕具有共性的是,端部的纹理形态及其上显示出的微坑特征能够表明某些加工方式和材料上的不同特点。如锯木头的端部纹理较稀疏,微坑较深,呈横向延伸。而刮木头的纹理致密。微坑不如前者深,仅在中间略凹,与磨损面的分离不显,两头显得狭长,呈菱形,坑边轮廓只在一面显示得比较清楚,光亮较强,表示出一定的指向。切割肥肉及刮肉皮的端部纹理极细且具平滑感。

5. 加工木头时,刮和削在正面产生的亮痕有所不同,前者散射特征明显短宽;后者细长,无明显散射特点。

6. 以楔或砍劈方式加工木、骨材料时,距边刃一定位置,会产生一定宽度的横向光带。

## 五、讨 论

本文所记述的工作仅仅是一个初步的开端,在微磨痕实验阶段的研究方面,国外的微磨痕专家已做了不少的工作,取得了一些有意义的成果,但这门新兴的领域仍有很多未知的问题需要探究。

1. 目前,微磨痕研究中存在的一个困难,是我们现在的实验都是以“单一”方式进行的,以其所产生的微磨痕判断使用方式和加工对象,相对来说,困难少些,但是可以想象,原始人使用石制品不会如我们试验那样“单一”,而一件石制品曾经可能以多于一种的方式使用或加工了不同的材料,笔者分析过的考古标本中便有几件石制品在一个边、刃上至少有两种微磨痕模式,给推断带来困难。如何解决“复合式”微磨痕分析,国际上已开始注意,如,由德国、荷兰、英国、法国、瑞士五国考古学家参与的“多分析者盲测”(multi-analyst blind test, Unrath, et al. 1984/85/86)<sup>1)</sup>的尝试表明,甚至是富有经验的微磨痕研究专家,对“践踏、执握、装柄”这些非常见的微磨痕也很不熟悉,执握微磨痕的分析,有

1) 首先在德国的 Tuebingen 大学完成了 21 件燧石制品的使用实验,然后在妥善状态下依次运往居住在不同国度的四位微磨痕分析专家处,请他们采用相同的技术手段,先后在一星期内完成其微磨痕的鉴定,最后,各自将填充好的选择答卷寄回到 Tuebingen 汇总。

助于了解原始人使用手的习惯。而装柄行为的出现,是史前人类技术进步的重要特征。这方面的实验资料和微磨痕分析(Plisson,1982)还很少,这说明在研究直接接触使用微磨痕的同时,对间接因素造成的微磨痕的分析也是十分必要的。

## 2. 关于影响微磨痕发生的一些因素

① 由于微磨痕是一种微观的客体,其发生是由于物质间相互的能动接触,外因作用的细微改变都可能影响其特质的变化。我们的研究是在其中至少一类因素稳定的前提下,去把握微磨痕特征的变化。比如:以相同的石料,相同的加工方式,接触不同的加工对象等。笔者在研究中还注意到,微磨痕的发生一定是由于物质间相互的能动接触,而以石制品作用于被加工物体,其微面的微磨痕特征并不必然出现。有时局部的微磨痕可能随后来的边刃破损消失,而使分析者失去捕捉这一信息的可能。

② 微磨痕研究是为了了解古人类的行为,以及相关的生态环境(经济环境),其本身是一项实验性很强的工作,实验设计也是实现实验价值的关键环节。总体讲,我们应尽可能考虑到原始人类可能接触到的各类加工材料,又比如:实验的微磨痕与考古标本上的微磨痕不会完全认同,这种差别能否通过实验本身得到解决?史前工具使用后的埋藏——“后沉积”对微磨痕有怎样的影响?类似的问题都值得我们去考虑。

③ 除了对微磨痕形态的确认外,对其具体成因的实验性研究已有新的进展:Fullagar(1991)发现在用石制品加工植物时,二氧化硅是产生光泽的重要因素。他从玻璃磨光的实验中推出光泽形成的四个阶段,并认为,专门的机械力的作用、压力、速度、水分影响着光泽发生的不同阶段。此外,加工材料中二氧化硅的含量与石制品本身的二氧化硅含量对光泽效应的发生有着不同程度的影响。

## 3. 关于“盲测”及其潜在意义

微磨痕研究史上最早的“盲测”来源于 Keekey 和 Newcomer(1977)的必然性假设:作为结论判断的三个层次——使用;运动方向/行为;接触材料这三方面的属性总会百分之百地呈现于实验工具之上,并通过显微镜观察到。结果不然,有时某些关键性的微磨痕属性可能缺失,观察不到,又如 Moss(1983a)以典型的微磨痕迹为依据,对实验使用的 *projectile points* 进行的统计发现,其中有三分之二看不到微磨痕;在 Ficher et al.(1984)所做的类似的实验中,这样的比率占三分之一。这说明,样品中看得出磨痕的比率会低于实际使用的比率(使用程度的不同可能是影响这一比率的因素之一,笔者注),那么,应用于考古遗址的分析,如果石制品某一类群的三分之一显示了使用的证据,即可推断这一类群的大部分乃至全部都可归至“使用过”的范畴中去。

我们可以认为:“盲测”能够发现实验中的不足,改进工作方法,为进一步研究考古标本提供理论性的指导。

4. 燧石是诸多考古标本的石料种类之一,为适应考古标本的研究,不同石料的微磨痕的研究是十分必要的。对燧石等细质材料的微磨痕已有较广泛的研究(Keeley, 1977; Vaughan, 1985 等),其它硬质材料如石英等石料的微磨痕研究尚未普遍开展,虽然石英质硬,反光较强,使其微磨痕的研究具有一定的困难,但已有人(Sussman, 1985; Knutsson, 1988)开始这一工作。石英制品是我国旧石器时代遗址中常见的一类标本,因此,对石英制品的微磨痕分析应予以一定的重视。

为在我国开展系统的微磨痕研究,与国外的研究水准看齐,建立微磨痕实验室,拥有必要的仪器、设备,使石制品的制作、使用、技术处理、观察分析到照片的摄制、冲印形成一套完整的作业系统,已成为当务之急。

(1992年3月9日收稿)

### 参 考 文 献

- Curwen, E. C., 1930. Prehistoric flint sickles. *Antiquity*, 4: 179—186.
- Fischer, A., P. V. Hamsen, and P. Rasmussen, 1984. Macro and micro wear traces on lithic projectile points. *Journal of Danish Archaeology*, 3: 19—46.
- Fullagar, R. L. K., 1991. The role of silica in polish formation. *Journal of Archaeological Science*, 18: 1—24.
- Keeley, L. H., 1977. The functions of Paleolithic flint tools. *Scientific American* 237(5): 108—126.
- Keeley, L. H., 1980, *Experimental Determination of Stone Tool Uses—A microwear analysis*. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Keeley, L. H., and M. Newcomer, 1977. Microwear analysis of experimental flint tools: A test case. *Journal of Archaeological Science*, 4: 29—62.
- Knutsson, K., 1988. Patterns of tool use—scanning electron microscopy of experimental quartz tools. *Aun 10. Societas Archaeologica Upsaliensis, Upsala*.
- Leguay, L., 1877. Les procedes employes pour la gravure et la sculpture des os avec les silex. *Bulletin de la Societe d'Anthropologie de Paris, 2eme serie*, 12: 280—296.
- Moss, E. H., 1983a, The Functional Analysis of Flint Implements—pincevent and Pont d'Ambon: Two Case Studies from the French Final Palaeolithic. *British Archaeological Reports*. I. S. 177.
- Newcomer, M., R. Grace and R. Unger-Hamilton, 1986. Investigating microwear polishes analysis with blind-test. *Journal of Archaeological Science*, 13: 203—218.
- Nilsson, S., 1838—1843. *Skandinaviska Nordens Urinvanare*. Lund: *Berlingska Boktryckeriet* (English edition: *The Primitive Inhabitants of Scandinavia*, 1868. London).
- Olausson, D., 1980. Starting from scratch: The history of edgewear research from 1838 to 1978. *Lithic Technology*, 9: 48—60.
- Plisson, H., 1982. Analyse fonctionnelle de 95 micrograttoirs “tourassiens” Tailler! pour quoi faire: Prehistoire et technologie lithique 2, Recent progress in microwear Studies. *Studia Praehistorica Belgica* 2. D. Cahen, ed. 279—287.
- Rau, C., 1869. Drilling in stone without metal. *Annual Report of the Smithsonian Institution for 1868*, 392—400.
- Semenov, S., 1964. Prehistoric Technology. Trans. by M. Thompson. London: Cory, Adams and Mackay.
- Spurrell, F., 1884, On some Palaeolithic knapping tools and modes of using them. *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 13: 109—118.
- Sussman, C., 1985, Microwear on quartz: fact or fiction? *World Archaeology*, 17(1): 101—111.
- Unrath, G., L. Owen, A. van Gijn, E. Moss, H. Plisson, and P. Vaughan, 1984/89/86. An evaluation of microwear studies: a multi-analyst approach. *Early Man News*, (9/10/11): 117—176.
- Vaughan, P., 1985. *Use-Wear Analysis of Flaked Stone Tools*. The University of Arizona Press, Tucson.
- Warren, S. H., 1914. The experimental investigation of flint fracture and its application to problems of human implements. *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 44: 512—551.

## EXPERIMENTAL STUDIES OF MICROWEAR ANALYSIS ON STONE ARTIFACTS

Hou Yamei

*(Institute of Vertebrate of Paleontology and Paleoanthropology, Academia Sinica, Beijing, 100044)*

**Key words** Stone artifacts; Scanning electron microscope; Microwear; Blind test

### Abstract

According to the principal theory of Keeley(1980), the microwear research of this paper (one part of a master degree thesis of the author's\*) consists of analysis on experimentally used tools and a blind test.

In the use experiments of 40 flint tools, 22 use methods were adopted on 77 used edges in all. Worked materials include wood(dry, damp), fresh meat, fish, hide, and bone; motion activities are scraping, whittling, cutting, sawing, chopping, wedging, piercing, drilling and carving. Through the leading technical method of scanning electron microscope(SEM), distinguishable characteristics are identified by analyzing microwear traces produced from different use methods. It comes to some valuable results and personal understanding:

1. Using SEM for analyzing microwear on stone artifacts has its advantages, even though it exists limitations as compared with optical microscope.

2. "Crystal damage" was discovered on used flint tools for scraping wood. Partial damage of the crystal was observed in a groove under the SEM. The position of the crystal damage depends on the mechanics resource.

3. Patterns of edge damage are possibly influenced by concrete shape of the used edge in varying degrees. For instance, in the experiments of scraping wood, on the uncontact surface of a straight edge—hollow rectangles partitioned by vertical ridges were easily observed transverse fractures occur tier upon tier closely about the are scars. For a convex edge, sunken trapezium partitioned by vertical ridges with semilunar scars.

Moreover, scar patterns have relation to using activities. Whittling wood can produce a shell shaped depression.

4. Similar to polishes and striations, texture and micropits shown on the steep edge can reflect some characters of different motions or worked materials. On the micro-surface of an edge for sawing wood, scattered texture, deeply micropits elongate along with the edge. and the rims of the micropits can indicate the direction of using. By scraping wood, dense texture, elongated micropits with narrow ends and obviously depressed in the center of itself could also be seen in the texture, but cannot be clearly separated from the general micro-surface.

For cutting fat or scraping fresh hide, textures on the edge appear very fine and smoothly.

5. On the contact surface there are clearly radial polish lines developing in a short breadth after the edge was used for scraping wood, Polishes from whittling activity distribute longer,

---

\* The other part——comparative studies of microwear on archaeological artifacts will appear as another article in next issue of the AAS.

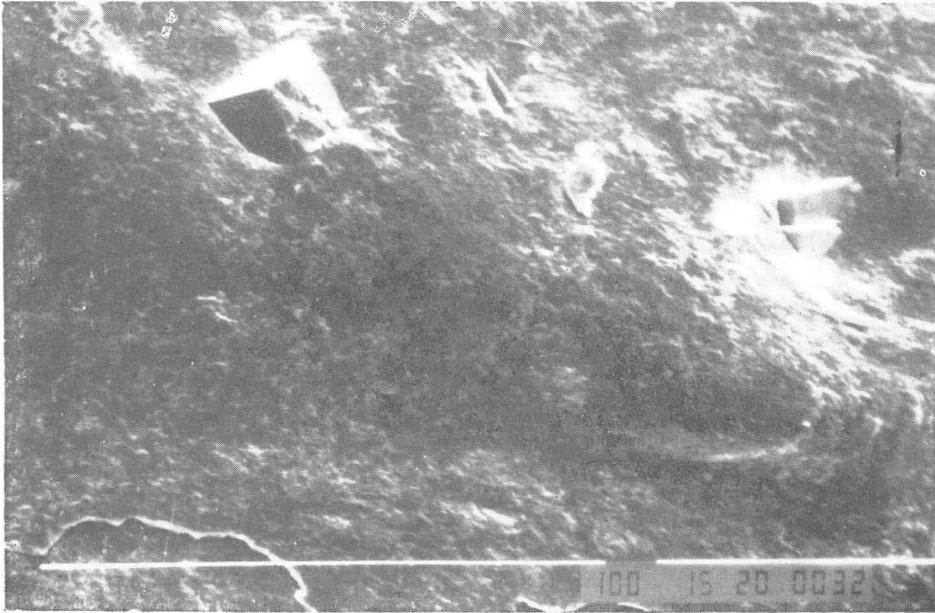
narrower more than scraping but similar radial character.

6. Working on hard materials, such as wedging wood or bone, there is transverse polish tape in a certain distance away from the edge. It might be a typical feature to distinguish this activity.

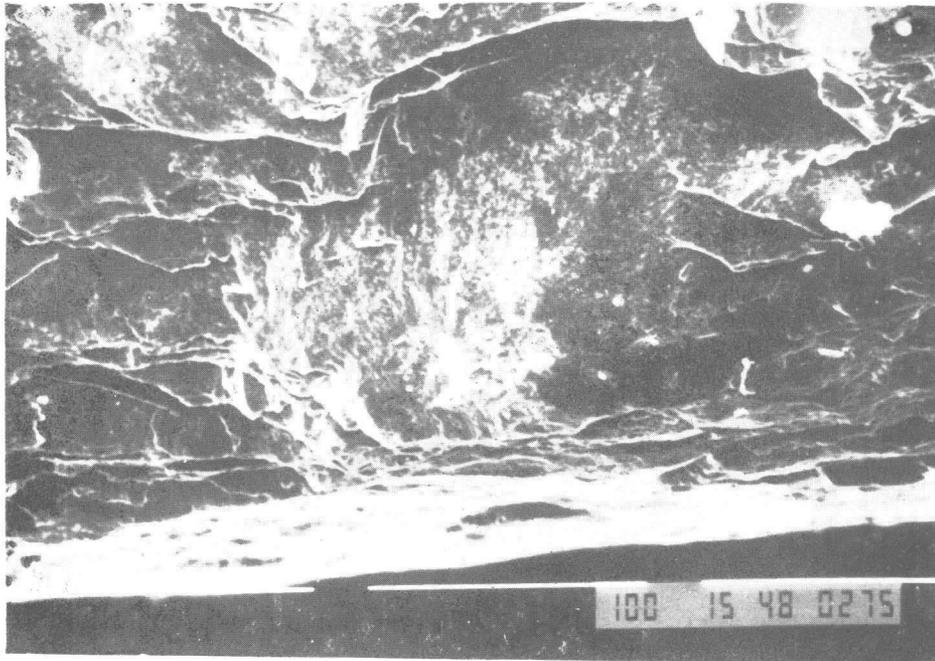
In order to test the level of controlling microwear's appearance of the analyst, 9 flint samples (8 had been used among them) were chosen in the blind test. Use was correctly discerned in 100% of the cases; motion/activity in 78% of cases; and worked material in 70% of cases

In the study of microwear on stone tools, experimental planning provides crucial links for realizing the value of the experiment. Blind tests are advisable on researching archaeological artifacts.

This article also has a brief introduction about the history of microwear studies and gives further prospects in this field. When putting forth efforts to research purely direct usewear, we shouldn't neglect indirect use microwear and microwear traces from other sources. Microwear analysis is not only useful for analyzing the functions of stone artifacts, but also has other importance, for example, grasping traces could help us know the hand using habits of ancient human beings.



1

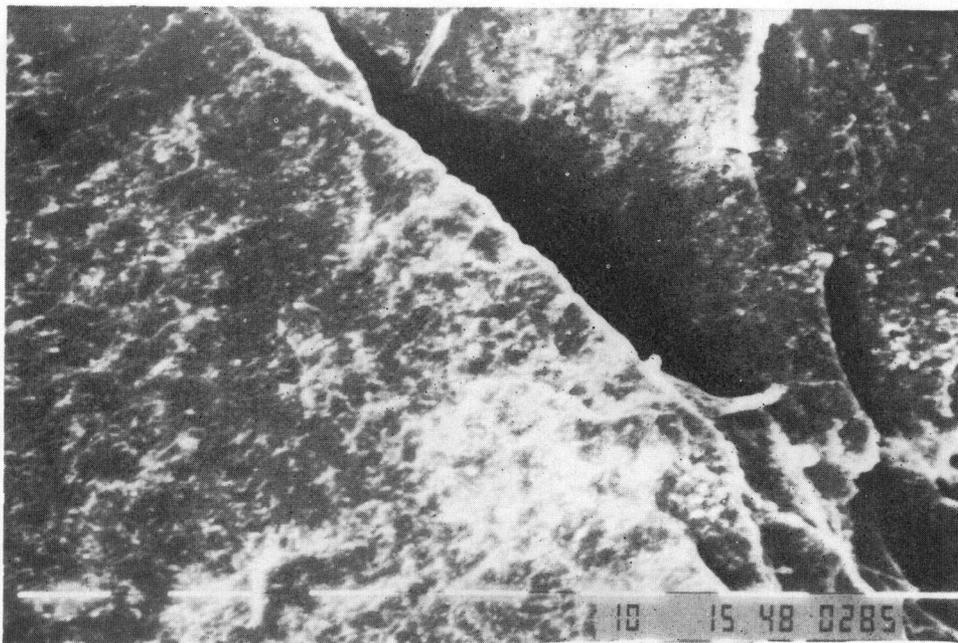


2

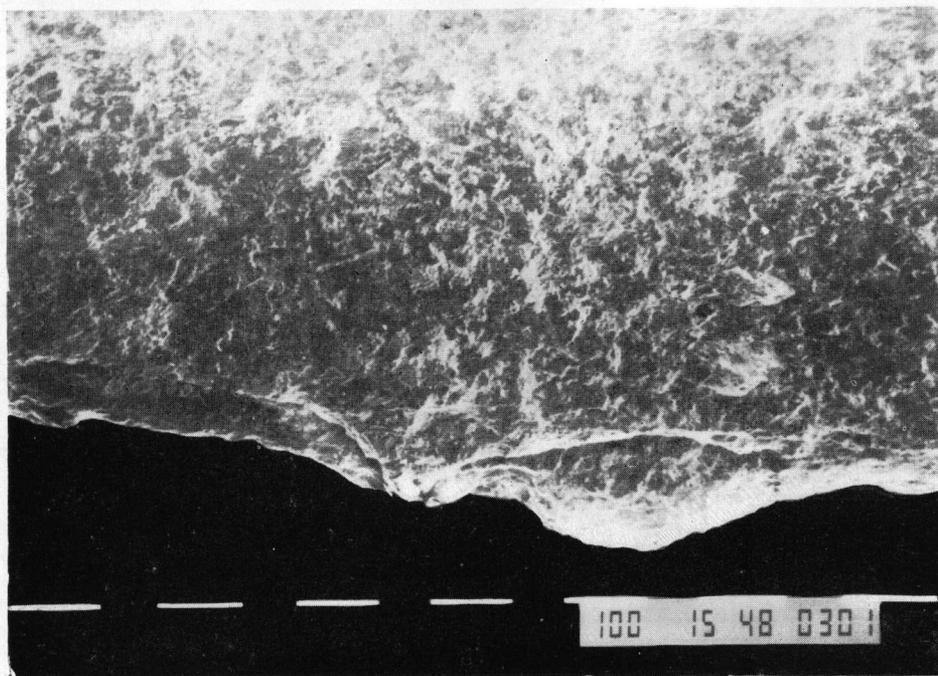
1(E6). 刮木头 (5') 产生的晶体破损 (scraping dry wood-crystal damage) 750×;  
2(E21). 刮湿木 (5') 产生的放射光泽及相应的条槽 (scraping damp wood, scattering  
polish and corresponding grooves) 350×

注：图版照片右下端左边第一个数字为下标线段长所表示的微米数；最右端数字为显微照片序号  
(图版 II—IV 同)。

(欧阳涟 摄)



1

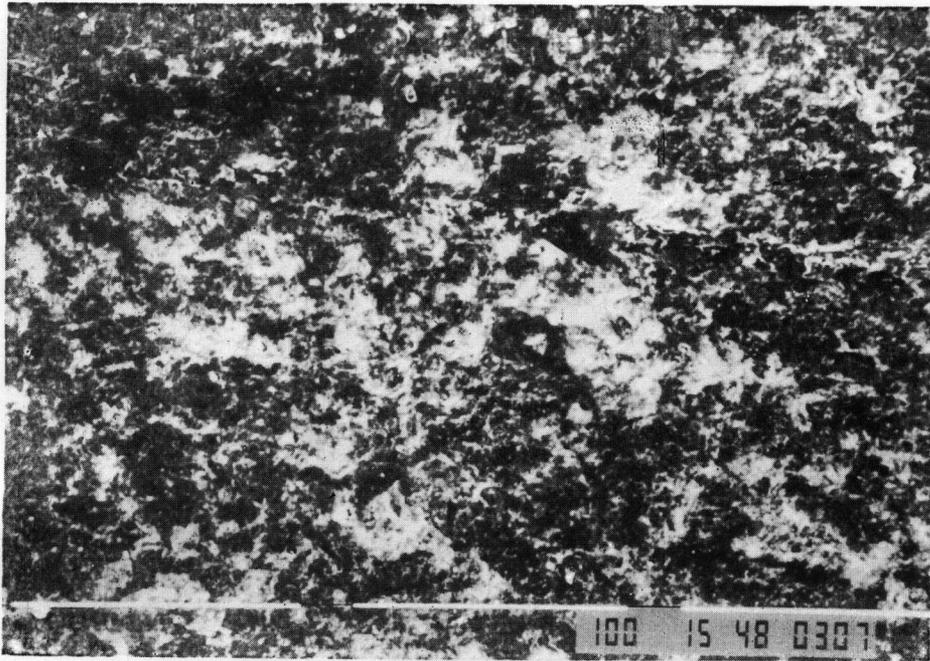


2

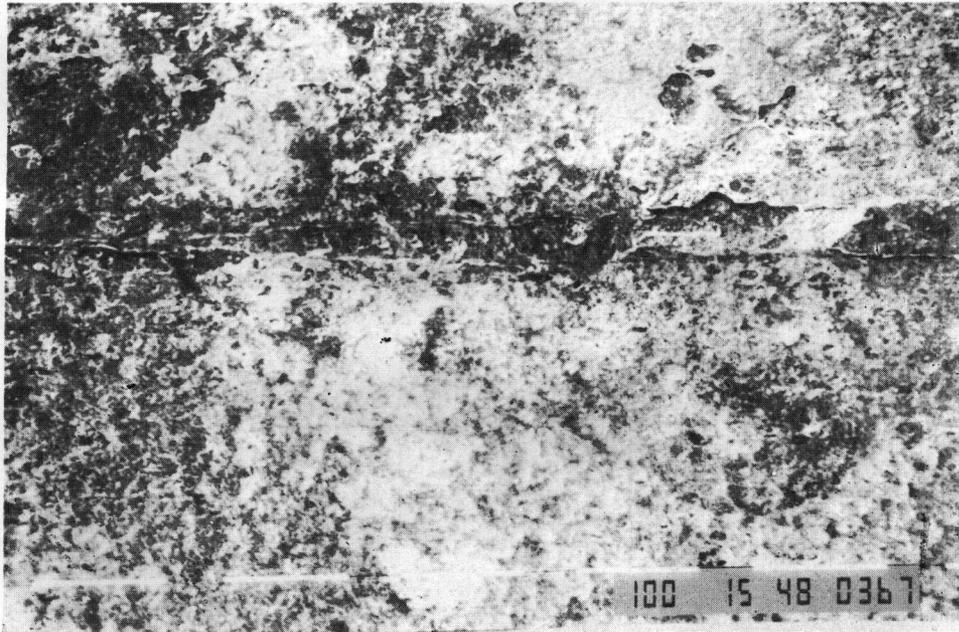
1(E21). 钻干木 (5'), 尖刃峭部可见具有旋转指向的光泽、极细微的沟槽、微坑特征 (drilling dry wood-on the ridge of the point, polishes, short narrow striations and microspits give the indication of a rotating activity) 1000×;

2(E26). 楔湿木 (7'), 横向亮带及带有裂层的边缘破损形态 (wedging damp wood-wide polish range along the use-edge and fracture of the edge) 100×

(欧阳涟 摄)



1



2

1(E10). 割瘦肉 (15'), 分布均匀、指向一致的光泽, 亮度较强 (cutting lean pork-bright polishes with regular distribution and kinetic indication) 350×;

2(E38). 锯新鲜骨头 (5'), 微磨范围较大, 光泽暗淡, 条痕密布, 具指向性 (sawing fresh bone-wide scope of usewear, dull polish and indicative dense striations) 150×

(欧阳连 摄)