

一种大学生金相技能大赛制样实战方法开发与实践

潘加炬¹, 聂洪波^{1,2*}, 张权鑫¹, 聂良彬¹, 李维俊¹

¹百色学院材料科学与工程学院, 广西 百色

²百色学院广西生态铝绿色制造重点实验室, 广西 百色

收稿日期: 2025年9月12日; 录用日期: 2025年9月30日; 发布日期: 2025年10月17日

摘 要

金相观察和研究能够从微观层面揭示材料的本质特征, 在材料科学中占有重要地位。以金相制样、显微观察和组织分析等为主要竞赛内容的金相技能大赛, 通过以赛促学, 不但提高学生学习的积极性, 还有力地促进了学生专业知识和技能的提升。本文针对金相制样过程中初学者存在的技术适应性问题, 以20钢的金相制备为例, 开发了一种快速获得较好金相质量的制样方法——中抛打圈法, 通过给出最优抛光压力和抛光机转速参数, 以及划痕、黑点、坡面、色泽和灰白块等缺陷的规避技巧, 可以显著降低试样制备难度、提高操作效率, 便于金相制样初学者的技能提升。

关键词

金相技能大赛, 金相制样, 抛光, 20钢, 显微结构

Development and Practical Application of a Sample Preparation Method for College Students' Metallographic Skills Competitions

Jiaju Pan¹, Hongbo Nie^{1,2*}, Quanxin Zhang¹, Liangbin Nie¹, Weijun Li¹

¹School of Materials Science & Engineering, Baise University, Baise Guangxi

²Guangxi Key Laboratory of Green Manufacturing for Ecological Aluminum Industry, Baise University, Baise Guangxi

Received: September 12, 2025; accepted: September 30, 2025; published: October 17, 2025

*通讯作者。

文章引用: 潘加炬, 聂洪波, 张权鑫, 聂良彬, 李维俊. 一种大学生金相技能大赛制样实战方法开发与实践[J]. 材料科学, 2025, 15(10): 1857-1867. DOI: 10.12677/ms.2025.1510198

Abstract

Metallographic observation and research play a significant role in materials science by revealing the essential characteristics of materials at a microscopic level. The metallographic skills competition, which mainly focuses on sample preparation, microscopic observation, and microstructure analysis, not only enhances students' enthusiasm for learning through competition but also effectively promotes the improvement of their professional knowledge and skills. Addressing the technical adaptability issues faced by beginners in the process of metallographic sample preparation, this paper, taking the preparation of 20 steel metallographic samples as an example, develops a rapid method for achieving good metallographic quality—"the mid-polishing circular motion technique". By providing optimal parameters for polishing pressure and polisher rotation speed, along with defect avoidance techniques such as scratches, black spots, bevels, coloration, and graying, this method significantly reduces the difficulty of sample preparation and improves operational efficiency, thereby facilitating skill enhancement for beginners in metallographic sample preparation.

Keywords

Metallographic Skills Competition, Metallographic Sample Preparation, Polishing, 20 Steel, Microstructure

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

金相观察和研究是材料科学研究的基础方法之一，它能够从微观层面揭示材料的本质特征，为材料的设计、制造、应用和改进提供重要依据，在材料学领域中具有不可替代的重要作用，因此，金相观察和样品制备成为材料专业学生必须掌握的技能[1] [2]。2012 年发起的“全国大学生金相技能大赛”不仅激发了学生学习金相知识和技能的热情和兴趣，促进了理论知识与实践能力的复合型人才的培养，而且还有力地推动了产教深度融合[3]-[5]。

在金相教学和大学生金相技能大赛中，常用的金属材料是 20 钢、工业纯铁和球墨铸铁[6] [7]。其中含碳量为 0.2% 的 20 钢属于低碳钢，软硬适中，退火状态下的显微结构通常为铁素体和珠光体的典型混合组织，作为金相样品能够有效培训和评估学生对多相组织样品的处理能力和对不同物相分布的识别能力，帮助学生加深对典型工程材料的理解[8]。刘欢[9]、彭成红[10]、周飞扬[11]、马尧[12]和郭林秀[13]等对金相制样进行了研究，给出了很多有益的指导和建议，但对制样过程中量化操作的报道较少，没有定量给出抛光机主轴转速、抛光压力和抛光位置等详尽信息，对于初学者进行制样技能的准确掌握造成困难。为便于初学者快速掌握并制备出高质量的金相样品，本工作参考马尧等[12]的正交试验并结合自身实践，系统研究了抛光压力和抛光机主轴转速对金相样品制备的影响，建立了一种针对竞赛场景下 20 钢金相样品制备方法，优化和改进 20 钢金相样品制备过程。本方法给出抛光压力和抛光机转速的最优组合参数以及抛光压力和抛光位置的调整时机，还给出了划痕、黑点、坡面、色泽和灰白块等金相制备缺陷的规避技巧，应用于实际金相教学和大学生金相技能大赛中，在不同实验场地和条件都有较好的稳定性。

2. 实验

2.1. 实验样品和耗材

实验采用的 20 钢金相样品退火态硬度为 111-149HBW，尺寸为 $R15 \times 18 \text{ mm}$ 。研磨用的砂纸为碳化硅干湿两用砂纸，规格有 320 目、600 目、800 目、1000 目、1200 目和 1500 目等。抛光用的抛光布是带背胶海军泥，抛光膏是粒度为 $2.5 \mu\text{m}$ 金刚石磨粒抛光膏。以上实验用样品和耗材均由武义恒宇仪器有限公司生产，规格和质量标准均符合大学生金相技能大赛的要求。金相腐蚀剂选择 4% 硝酸酒精溶液，棉球为普通市售脱脂棉球，清洗用的酒精为纯度 $\geq 99.5\%$ 的市售无水乙醇。

2.2. 研磨

研磨实验是按照大学生金相技能大赛的要求，直接在平铺的砂纸上进行。在放置砂纸之前，需抖落砂纸上不稳固的颗粒，并用无尘纸擦拭玻璃板清理杂物，将砂纸按照目数由小到大、砂粒粗糙程度从粗到细的顺序切换。砂纸可由粗往细、从上至下叠放，然后开始磨制样品。

首先平铺 320 目砂纸，大拇指和中指固定好试样，食指按压其上往大拇指处靠，让三个手指尖保持一条线。放置试样后不要转动和摇动，当匀速单向推进试样前进时，保持试样的磨痕是一条直线。每磨约 10 次拿起来观察试样有没有出现金相面不在同一平面的多面现象，当磨 40 次时旋转试样 90° ，如此反复。到最后 40 次可以放轻研磨压力，总计磨 120 次基本可确保消除变形层，然后更换下一道粒度更细、目数更大的砂纸。每换下一道砂纸前都需要抖几次砂纸，玻璃板、试样需要擦拭干净，前面 3 道砂纸的磨制可以适当加大研磨压力，而后面两道的压力适当减小。当用 320 目和 600 目两道砂纸研磨好后，需要进行倒角操作。倒角时先在预磨机上通入少量冷却水，试样倾斜 45° 用手按压并顺时针转动四分之一周长。当转动完 1 周后观察倒角的程度并修理倒角，金相技能大赛的标准倒角为 $(0.5 \sim 1) \text{ mm} \times 45^\circ$ 。磨好倒角后的试样继续用 800 目、1000 目和 1500 目砂纸研磨。

2.3. 抛光

试样研磨后进行清洗、抛光。抛光机采用特鲁利 Alpha100 金相单盘试样手动磨抛机预磨机，最高工作转速为 1400 r/min。在抛光操作时，通过按压百利 TANITA 电子秤来确定抛光压力值，该电子秤由上海速展计量仪器有限公司生产。实验中抛光施加的压力分别设定为 4 N、5 N、6 N 和 8 N，抛光机主轴转速则分别为 400 r/min、600 r/min、800 r/min、1000 r/min、1200 r/min、1300 r/min 和 1400 r/min。

抛光分两次进行，第 1 道次抛光约 5 分钟后清洗试样和抛光布，然后进行第 2 道次抛光，时间约为 3 分钟。两道次的抛光均采用相同的抛光压力和抛光机主轴转速。

2.4. 腐蚀

抛光结束后对试样进行金相腐蚀。用试样夹固定好试样，试样呈 45° 倾斜，将棉球浸满腐蚀剂，从上往下用棉球单向擦拭试样金相面，让腐蚀过后的腐蚀剂向下流到废液杯中，如此重复擦拭，直到腐蚀结束，腐蚀时间总计约 10 秒钟。腐蚀后用水冲洗干净并迅速用酒精清洗，防止氧化。用吹风机呈 45° 从上往下吹，快速吹干试样表面。

2.5. 金相观察和评价

研磨、抛光并腐蚀好 20 钢金相试样后，利用舜宇光学科技有限公司制造的 MX6R 正置金相显微镜进行金相观察。采用全国大学生金相技能大赛的评分标准对金相制备的质量优劣进行打分评价，评价项目包括组织(40 分)、划痕(20 分)、假象(20 分)和样品表面质量(10 分)等，共计 90 分[2][14]。在本工作中，

将假象和试样表面质量合并评价，计 30 分。作为引导学生良好实验习惯的操作规范(10 分)，不列入金相质量评价的计分项目。

3. 实验结果与分析

3.1. 金相质量评估

抛光机主轴转速与抛光压力组合实验结果如表 1。从表 1 可以看出，当抛光压力不变时，随着主轴转速的提高，金相组织和划痕评分呈现明显增大趋势，尤其对于划痕评分，这一趋势更加显著，见图 1 所示。例如，当抛光压力分别为 4 N 和 5 N 时，划痕评分分别由主轴转速 400 r/min 情况下的 3 分和 4 分，迅速增大到主轴转速 1400 r/min 时的 17 分和 19 分。但是划痕评分的增加速度并不是恒定的，而是随着主轴转速的逐渐增大，增速逐渐减缓。特别是当抛光压力分别为 6 N 和 8 N 时，主轴转速由 1200 r/min 提升到 1400 r/min，划痕评分反而分别由 18 分和 17 分略微减小到 17 分和 15 分。另一个值得注意的是，当抛光压力分别为 4 N 时，假象以及样品表面质量评分随着主轴转速的增加提升不明显；但当抛光压力增大到 5 N、6 N 和 8 N 时，假象以及样品表面质量评分随着主轴转速的增加而显著增大。

综合来看，在抛光施加压力和转速分别为 5 N 和 1300 r/min 时，20 钢金相试样评分最高，金相质量最好。此时 20 钢金相中基本没有的划痕，铁素体也基本没有灰白块现象。

Table 1. Metallographic quality evaluation results
表 1. 金相质量评价结果

抛光压力 N	主轴转速 r/min	金相组织	划痕	假象和样品表面质量	总分
4	400	17	3	13	33
	600	23	11	14	48
	800	25	15	12	52
	1000	24	15	14	53
	1200	26	14	15	55
	1300	29	16	16	61
	1400	26	17	14	57
	400	21	4	9	34
5	600	20	6	14	40
	800	23	11	17	51
	1000	26	11	18	55
	1200	25	17	20	62
	1300	32	19	23	74
	1400	28	19	21	68
	400	18	4	12	34
6	600	22	5	14	41
	800	25	12	17	54
	1000	29	15	17	61
	1200	30	18	22	70
	1300	30	16	22	68
	1400	28	17	23	68

续表

8	400	21	7	15	43
	600	24	7	16	47
	800	25	6	13	44
	1000	24	16	16	56
	1200	28	17	21	66
	1300	27	15	24	66
	1400	26	15	22	63

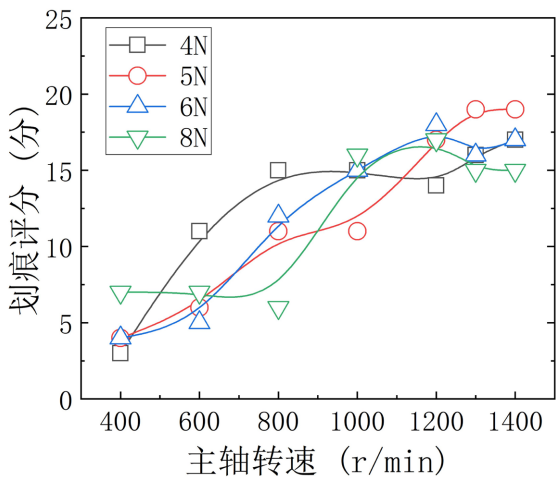


Figure 1. Relationship curve between scratch formation and spindle rotational speed of the polishing machine under different polishing pressures
图 1. 不同抛光压力下划痕与抛光机主轴转速的关系曲线

3.2. 分析

抛光机主轴转速越快，试样相对于抛光布的运动距离越大，摩擦路径越长，相互接触的频率越快，这有效地增加了试样金相表面因抛光摩擦而产生的去除量。例如，当采用抛光压力 5 N、抛光机转速 400 r/min 时，在金相观察中可以看到 20 钢试样遍布细小与粗大划痕，这些并存的大小小划痕是由于抛光去除量过小没有得到有效去除而残留的。抛光时间相同，抛光压力保持 5 N，随着转速的增加，划痕逐渐减少。当转速达到 1300 r/min 时划痕数量最少，但金相中却开始出现了浅色灰白块；而当转速达到 1400 r/min，也就是抛光机最高转速时，铁素体出现明显灰白块，方向散乱的细划痕又重新出现。这说明试样与布满抛光膏的抛光布之间的高速相对摩擦产生了大量热量，导致铁素体升温氧化、部分晶粒表面变粗糙而产生灰白块现象；另外，虽然高速摩擦能有效地去除原有的缺陷和划痕，但是这种长距离的摩擦又会引入新的细小划痕。

固定抛光机转速，随着抛光压力增大，试样与抛光布之间的摩擦力增加。当抛光压力是 4 N 时，摩擦力较小，试样金相面的去除速度比较慢。而当抛光压力提升到 5 N 以上时，划痕消除速度明显加快。另一方面，摩擦力增大，摩擦产生的热量也随之增加。当压力为 5 N 时，金相组织灰白块的颜色还比较浅，但当压力为 6 N 和 8 N 时，灰白块颜色明显加重，而且还出现了密密麻麻的小黑点，见图 2。这些小黑点缺陷的产生是由于压力增大后抛光膏颗粒嵌入到金相面中引起的。增大抛光压力还会在金相面中引入了新的划痕，特别是压力到达 8 N 时，粗大划痕又重新出现，金相质量明显变差。

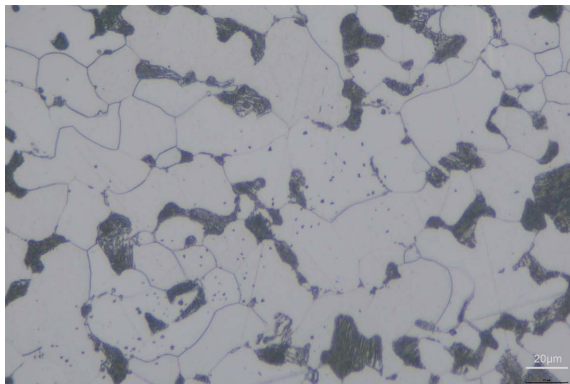


Figure 2. Metallographic micrograph ($\times 200$) showing embedding of polishing compound particles into the specimen when polished under a pressure of 8 N

图 2. 采用 8 N 压力抛光时研磨膏颗粒嵌入试样的金相照片, $\times 200$

4. 抛光、腐蚀操作的最优实践及金相缺陷规避

4.1. 中抛打圈法

从上述实验结果可以看出,保持恒定的抛光压力和抛光机转速,无法高效地制备出优秀的 20 钢金相样品,即便是采用压力 5 N 和主轴转速 1300 r/min 的最优组合,也只获得 74 分。因此,要制备质量更优的金相样品,需要在抛光过程中及时调整抛光压力以及试样与抛光布摩擦的相对速度。基于这种认识,我们开发了“中抛打圈法”来进行大学生金相技能大赛的备赛和参赛,效果显著,截至 2024 年,我校共在“全国大学生金相技能大赛”取得了 8 块金牌、13 块银牌和 7 块铜牌的好成绩。

“中抛打圈法”的具体操作如下:研磨结束并检查合格后进入抛光步骤,依然采用两道次抛光的方法,在整个抛光操作过程中,抛光机主轴转速恒定为 1300 r/min,仅通过调整试样在抛光盘上的位置来调整试样与抛光布之间的相对运动速度。靠近抛光盘的边缘,相对运动速度大,靠近中心部位,速度小。抛光操作开始时,首先将抛光布粘在抛光盘上,注意平整粘贴抛光布不能起皱。在抛光布上滴加一定的水,擦拭润湿抛光布后关闭抛光机。将试样放在培养皿中,滴上几滴腐蚀剂进行预腐蚀,易于后续抛光。在抛光布上按照十字形均匀按压涂抹抛光膏,但内圈空出,不涂抹。在试样开始抛光前,先用夹子夹取试样在水流中冲洗、清洁样品的磨制面,确保样品表面没有黏附砂粒。在抛光布外圈区域用 6 N 压力保持试样姿态相对静止,抛光 1 分钟去掉粗大划痕,接着在抛光布中圈的位置用 4 N 的力打圈抛光 2 分钟和用 5 N 的力打圈抛光 3 分钟。中圈的位置处于抛光盘中心到边缘的中间部位,可以有效降低试样与抛光布之间的相对摩擦速度。抛光盘的运动为逆时针方向,而在中圈位置的小打圈顺时针运动与抛光盘运动方向相反,每小打圈 4 次将试样抬起调换 90°方向,随后继续抛光,总计 5 分钟。这种在抛光布中圈区域进行与抛光机旋转方法相反的小转圈抛光方法,我们称之为“中抛打圈法”。

第 1 道次抛光结束后,冲洗并吹干试样,然后进行 1 次平擦腐蚀以观察阶段性抛光的效果。平擦腐蚀操作是将浸满腐蚀剂的棉球往复平擦于试样上,总计用时 10 s。拿酒精冲洗并吹干试样后,在显微镜下观察金相组织形貌。在 100 倍放大下主要观察是否还存在粗大划痕、大的黑点和坑点以及整体的组织样貌,500 倍下主要观察腐蚀效果。较好的腐蚀效果应该是晶界细长且连续,珠光体呈黑色片层状,铁素体亮白,两种组织黑白分明,界限清晰。然后观察整体效果,是否存在灰白块和浮突,以及穿晶细划痕数目等。

在金相观察确认后,进行第 2 道次抛光。第 2 道次抛光时依然按照第 1 道次的方法在抛光布上涂抹十字型(内圈不涂)的抛光膏,然后用 6 N 左右的压力在抛光布外圈抛光。当金相面呈现平整光滑的镜面效果时,采用 5 N 的力在抛光布中圈的位置打圈抛光 3 分钟。此时需要反复观察抛光效果,边冲水边借助

光线折射进行金相面观察，看是否存在划痕。若发现存在划痕需要继续中圈抛光，直至完全消除划痕。抛光期间如果发现抛光盘上已经没有抛光膏，应该停机往抛光布添加研磨膏。

当观察到完全没有划痕时可以进行精抛。精抛前要冲洗抛光布，将污物清洗干净。在抛光布内圈铺满抛光膏并用手轻轻揉搓至起泡，打开抛光机稍微加点水润湿泡沫，试样不能紧压到抛光布，只能在泡沫处往复运动抛光。此时的抛光膏一共有两层，上层是与试样金相面接触的白色泡沫区，下层是未触碰的金相面抛光膏区域。精抛 1 分钟后进行起样观察。20 钢的起样标准是冲水水流可以将所有的脏物全部被洗掉，并且水在表面张力作用下可以在金相面上凝聚成水滴状。在冲水过程中，利用反射光多角度观察试样金相面。当金相面呈现镜面效果，色泽均匀且没有杂物和划痕，即可用酒精清洗并吹干。如果观察试样的时间过久，可以用酒精清洗并吹干后再重新观察是否存在划痕。确认无抛光缺陷后可以起样腐蚀。

第 2 道次抛光的样品腐蚀会比第 1 道次抛光腐蚀更加精细。特别需要注意的是，在金相比赛中腐蚀剂的浓度通常不是一个确定值，因此应根据第 1 道次腐蚀情况及时调整第 2 道次的腐蚀时间。第 1 道次腐蚀的标准腐蚀时间 10 s，如果观察到腐蚀程度过深，第 2 道次腐蚀可以减少 2 s，如果过浅则增加 2 s。腐蚀后用水冲洗干净并迅速用酒精清洗，防止氧化变色。用吹风机呈 45° 从上往下吹，快速吹干试样表面。图 3 是采用“中抛打圈法”制备的 20 钢金相照片，组织结构非常清晰，能够准确提供材料显微结构的信息。本文的“中抛打圈法”是基于 20 钢的金相制样实验结果开发的，其他金属材料，可以根据材料软硬性能不同，做适度调整进行应用。例如工业纯铁，硬度比 20 钢低，应减少抛光压力或者选用粒度更细的金刚石磨粒抛光膏，但工艺次序和操作要点保持不变。

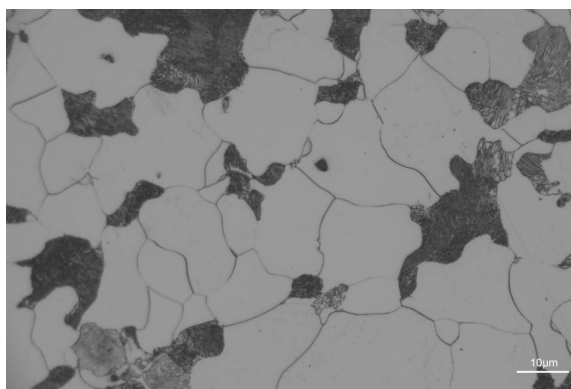


Figure 3. Metallographic micrograph (×500) of a specimen prepared using the “Mid-polishing circular motion technique”

图 3. 使用“中抛打圈法”制备的金相样品照片，×500

4.2. 划痕

优质的金相必须避免出现划痕、黑点、坡面、色泽和灰白块等缺陷。在采用“中抛打圈法”制备金相样品时，可以通过以下措施防止上述缺陷的产生或消除上述缺陷，制备出更高质量的金相样品。

首先，一定要清除研磨工序后试样研磨面残留的砂粒，同时确保抛光布没有沾染到砂粒，避免上述砂粒在抛光过程中划伤试样金相面产生新划痕。其次是确保在研磨工序中逐次研磨消除粗大划痕。图 4 是在研磨工序后低倍放大下显微镜观察到的金相面残留划痕，这些划痕成簇且相互平行，深浅不一但同一划痕头尾部宽度接近。图 4 中大量深度相近的细小直线划痕，可以通过后续抛光进行消除。但对于过于粗大的划痕，很难在较短时间内通过抛光机消除，需要返回到研磨工序，从 320 目砂纸开始依次重新研磨[15]。最后，在抛光步骤前，先在培养皿中给试样金相面滴加几滴金相腐蚀剂，腐蚀 1 分钟，使试样金相面表层因腐蚀而变脆弱，有助于快速消除划痕，并能够暴露出研磨产生的变形层[7]，便于后续抛光

观察。

若是在 500 倍下观察到存在穿过晶界的细小划痕，可以在抛光过程中施加 6 N 压力抛光，中途需要少量加水进行冷却，保证试样不会发热氧化。抛光布中要确保有抛光膏存在，否则也极易产生新的细小且方向较散乱的划痕。如果抛光膏过多，要确保起样时冲洗干净，残留的抛光膏会附着在样品表面上形成黑带。样品前期的机加工会使金属材料表层产生不同程度的变形层，如果抛光过程中观察到存在区域较大的变形层，可以按照粗大的深划痕处理，返回到第 1 道 320 目砂纸重新研磨。

4.3. 黑点

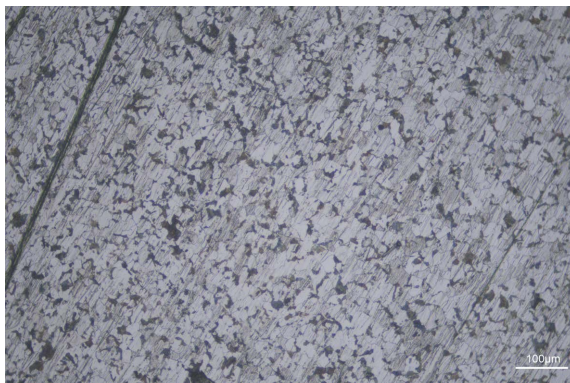


Figure 4. Metallographic micrograph (×50) of 20 steel showing parallel scratches after the grinding process

图 4. 研磨工序后布满平行划痕的 20 钢金相照片，×50

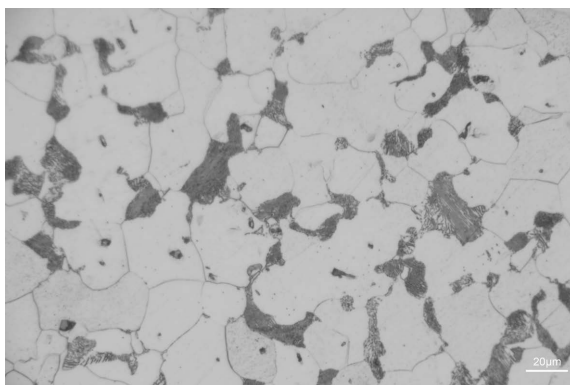


Figure 5. Metallographic micrograph (×200) of 20 steel exhibiting a distinct “black dot” phenomenon

图 5. 具有明显“黑点”现象的 20 钢金相照片，×200

黑点一般为砂粒、坑点、脏物和夹杂物等，见图 5 所示。砂粒既可能是研磨时砂纸脱落的，也可能是抛光布中混入的。这些游离的砂粒会在研磨、抛光过程中嵌入较软的铁素体中，形成缺陷，因此在抛光前务必要清洗试样并拍抖清理抛光布，防止混入游离的砂粒。坑点通常是较深的划痕局部残留下来形成的，在金相观察中表现为一连串小黑点，分布在一条直线上。在出现此类坑点时，需要在抛光盘外圈以 8 N 的压力按压抛光以消去连续坑点，再使用“中抛打圈法”进行抛光。脏物是水与抛光布绒毛、抛光膏相互摩擦混合而成的，通常呈黑泥状，带有黏性，容易黏附在试样表面或者是填塞入凹坑中。当一个方向抛光时，脏物会被拖拽呈现曳尾状，通过金相观察可以看到这种现象。通过打圈抛光可以使试样金相面受到不同方向的摩擦力，能够有效消除黑片和曳尾脏物。夹杂物通常是 20 钢试样中的氧化铝、氧

化铁、硫化锰等[10]。当部分夹杂物脱落时会形成小凹坑，如果脏物堵塞便会形成黑点。部分夹杂物自身也呈现黑色，由于它们的存在，因此无法完全消除 20 钢金相中的小黑点现象。

4.4. 坡面

在砂纸上研磨试样时，试样受力不均会导致形成两个面以上的坡面现象，见图 6。金相显微镜聚焦成像焦点是在试样中心，因此坡面的部分区域会落入到显微镜景深的外面，造成局部金相画面变虚、模糊[16]，在图 6 中，20 钢金相照片的下半部分比较清晰而上半部分虚化、模糊。当已经出现明显坡面时，通过抛光是很难在较短时间内矫正成同一平面，只能返回到 320 目砂纸中重新研磨才能消去。在砂纸上研磨时，务必使试样受力均匀，同时根据坡面的情况轻微调整手指压力，向两个面相交处发力，直到金相面呈一个平面为止。

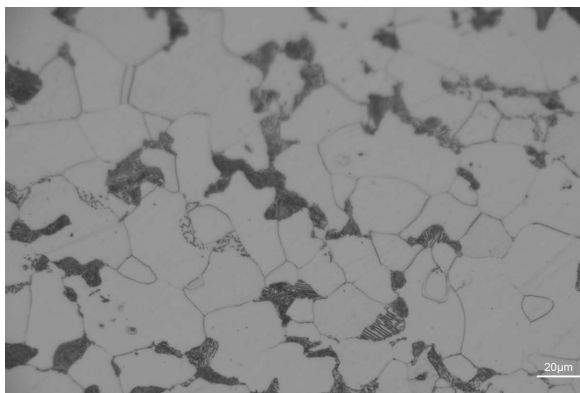


Figure 6. Metallographic micrograph (×200) of 20 steel exhibiting a “sloped surface” defect

图 6. 具有“坡面”缺陷的 20 钢金相照片，×200

4.5. 色泽

20 钢金相上出现的黄斑通常是铁锈。抛光结束，试样表面残留水渍会导致试样与空气发生氧化变成黄斑[7]。黄斑多发生在晶界凹陷处和凹坑周围水附着处，可以在起样操作时快速滴上无水乙醇清除水渍、隔离空气防止氧化。如果是铁素体晶粒自身泛黄，则通常为抛光时水量过少、金相面发热氧化导致的[9]。在磨制与抛光过程中需要及时通入冷却水，冷却摩擦升温的金相面，防止金相面因温度过高而发生氧化。彩色片状的发彩现象，是酒精残留金相面上导致的，通常是无水乙醇混入了腐蚀剂，导致吹干酒精后腐蚀剂继续与试样反应形成彩色光斑。金相腐蚀冲水后，可以快速将 3 管酒精滴加在试样金相面上防止氧化，然后再用 3 管酒精冲洗杂物，最后将试样倾斜 45°，用吹风机从上往下吹试样金相面，先用热风，然后切换冷风吹干试样，这样能使试样迅速干燥并且不会过热。

4.6. 灰白块

灰白块现象是由铁素体表面不均匀氧化、腐蚀过度、抛光划痕等综合作用引起的，典型金相照片见图 7。抛光划痕会引起铁素体晶粒表面形貌发生变化，用显微镜观察时，晶粒表面发生漫反射现象，使得部分晶粒表面出现发灰现象[17]。可以在抛光时加快打圈的频率，最后以精抛收尾消除上述发灰现象。精抛只在抛光布内圈进行，用抛光膏泛起的泡沫进行抛光，不与下层抛光布上的抛光膏接触，这样既可以消除铁素体晶粒表面的抛光缺陷，还不会产生新的划痕，能够让试样金相更加亮白、清晰。抛光力度过大会导致晶面出现褶皱和晶界突起，引起金相中晶粒变形，在抛光时减轻按压力度、发力均匀即可消除。

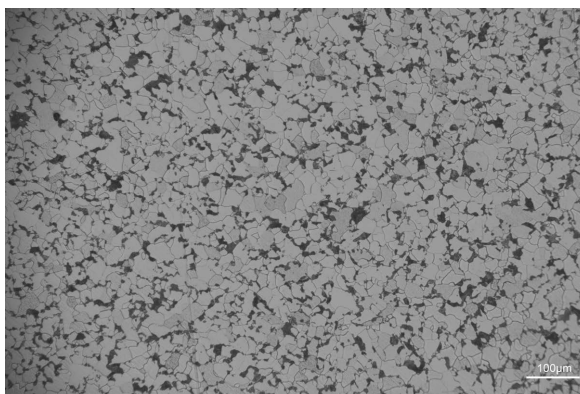


Figure 7. Metallographic micrograph (×50) of 20 steel exhibiting a graying phenomenon

图 7. 具有“灰白块”现象的 20 钢金相照片，×50

5. 结论

本文针对金相制样过程中初学者可能遇到的技术适应性问题，以 20 钢金相制样为例，提出了一种称为“中抛打圈法”的制样方法，可以在大学生金相技能大赛这种约束条件下快速获取具有较好质量的金相样品。首先，通过系统研究抛光压力和抛光机主轴转速对样品制备的影响，确定了最优参数组合(抛光压力 5 N、抛光机主轴转速 1300 r/min)。然后基于这组参数，开发了“中抛打圈法”。具体操作包括两道次抛光步骤，在抛光过程中调整试样在抛光布上的研磨位置以改变二者之间的相对摩擦速度，并采用抛光盘逆时针方向的大圆周运动与金相试样顺时针方向的小圆周运动组成。该方法显著降低了试样制备难度、提高了操作效率。对其他金属材料的金相制样抛光时，可以根据材料硬度不同，适度调整抛光压力、抛光时间和金刚石抛光膏磨粒等进行应用。

此外，本工作还强调了实验前准备工作的细致程度，如清洁砂纸和抛光布、选择适当的腐蚀剂浓度以及正确的腐蚀时间，对于最终金相样品的质量具有重要影响。文中也详细讨论了如何处理各种可能出现的金相缺陷，如划痕、黑点、坡面、色泽和灰白块等问题，并给出了具体的应对策略。

基金项目

2025 年百色学院大学生创新创业训练计划项目(项目编号: S202510609193); 2025 年百色市科技计划项目(项目编号: 百科 BG252902); 2024 年广西高等教育本科教学改革工程一般项目 B 类(项目编号: 2024JGB358); 百色学院一流课程(课程思政示范课程)建设项目(项目编号: 2024KC14)。

参考文献

- [1] 康慧君, 陈国清, 齐民. 课程教学中专业概念的演进——以金属热处理火与组织为例[J]. 教育进展, 2024, 14(1): 609-613.
- [2] 孙汇彬, 袁秋, 欧阳庆战, 等. 产教融合背景下金相技能大赛的探索与实践[J]. 职业教育发展, 2024, 13(5): 1417-1422.
- [3] 吴多利, 李大玉, 刘澄, 等. 基于金相大赛的材料专业人才创新实践能力培养的探索与实践[J]. 创新创业理论研究与实践, 2024, 7(13): 172-174.
- [4] 叶宏, 昌霞. 材料专业金相技能大赛的探索与实践[J]. 中国冶金教育, 2017(6): 26-28.
- [5] 钟涛生, 黎文博, 甘世昌. 全国大学生金相技能大赛对材料类专业的影响[J]. 中国冶金教育, 2021(1): 52-54.
- [6] 周枢宇. 金相试样制备技巧及典型问题剖析[J]. 科技与创新, 2021(15): 5-7.
- [7] 陈正道. 金相试样的正确制备[J]. 热处理, 2022, 37(1): 40-45, 49.

-
- [8] 李强, 吕梦琦, 王李结, 等. 材料类专业开放实验设计——20 钢金相试样的制备[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2022, 40(6): 112-115.
- [9] 刘欢, 胡标, 王庆平, 等. 金相样品制备技巧及常见问题分析[J]. 机械工程与自动化, 2023(2): 179-181.
- [10] 彭成红, 朱伟恒, 陈灵, 等. 钢铁金相试样制备问题研究[J]. 中国冶金教育, 2024(3): 77-82.
- [11] 周飞扬. 工业纯铁金相试样的制备工艺[J]. 中国金属通报, 2021(9): 20-21.
- [12] 马尧, 杨超, 吴昊. 20 钢金相试样制备过程的影响因素分析[J]. 科技风, 2022(13): 81-83.
- [13] 郭林秀. 球墨铸铁金相试样制备方法与技巧[J]. 山西冶金, 2020, 43(5): 39-41.
- [14] 全国大学生金相技能大赛竞赛委员会. 第十二届全国大学生金相技能大赛决赛竞赛规则[EB/OL]. <https://jwc.zzuli.edu.cn/upload/article/files/1c/39/0f41e0a9400db02608cbe654fd19/b61c6072-7ada-4242-9319-2166d9176f8a.pdf>, 2025-08-25.
- [15] 王洁. 球墨铸铁金相试样制备技巧与方法[J]. 山西冶金, 2021, 44(6): 199-200, 202.
- [16] 李维俊, 张旭明, 彭东, 等. 铁及其合金的金相制样常见问题及解决[J]. 化工管理, 2021(35): 71-72.
- [17] 施杨宇, 周漫琳, 徐嘉发, 等. 低碳钢金相试样铁素体晶粒表面发灰原因[J]. 理化检验-物理分册, 2023, 59(11): 43-47.