

金 属 零 件

加 工 表 面 完 整 性

（译文集）

航空工业部第二技术情报网编

金 屬 零 件

加工表面完整性

(译文集)

航空工业部第二技术情报网编



出版 国营红旗机械厂
地址 陕西省西安市

前言

随着近代科学技术的发展,金属零件的工作条件(应力、温度、环境等)越来越恶劣,高强度钢、高温合金、钛合金等材料的应用日益广泛;这些材料经加工后的表面状态和性能如何,直接关系到零件的工作可靠性和使用寿命,因而不能不引起人们的极大关注。近二十年来,技术先进国家对金属材料加工“表面完整性”课题进行了大量的研究与试验工作,并将研究成果应用于生产实践。为适应科研和生产的需要,我们航空工业部第二技术情报网在大量收集、翻译国外有关资料的基础上,选编了这本“金属零件加工表面完整性”译文集。

本文集收入美国、苏联等国专家、教授、学者关于“表面完整性”的问题的文章(数据手册)共18篇(附图178幅)。这些文章不仅介绍了高强度钢、高温合金、钛合金等难加工材料经各种常规加工(车、铣、钻、磨等)和特种加工(电火花、电化学、电子束、激光束等)后的表面纹理状况,而且着重讨论了表面层显微组织、显微硬度、残余应力的变化,及其对材料抗疲劳、抗蠕变、抗应力腐蚀性能和零件变形的影响;同时,还在实验的基础上,提出了最佳加工参数的选取原则,并提供了加工数据,制定了进一步提高表面质量的后续加工处理措施。因此,本译文集对于从事金属零件加工的科研人员、工程技术人员、质量控制人员、大(中)专院校师生,都有一定的参考价值。

参加本文集资料收集、翻译和审校工作的有625所、410厂、420厂、430厂、011情报所、西北工业大学等单位,并委托430厂负责出版。

由于我们水平有限,时间仓促,文集中难免有错误之处,恳求读者批评指正。

航空工业部第二技术情报网

一九八三年五月

航空工业部第二技术情报网

加工零件的表面完整性

六二五所 何光皓译 王在文校

前言

加工表面的质量对满足复杂零件的使用性能、寿命和可靠性的高要求显得越来越重要。军用和商用的航空和航天飞行器、汽车和其它一些重要设备正在受到较恶劣的应力条件、温度条件和有害的环境条件的影响。零件的截面尺寸出于减重的目的而日趋减小，从而零件的表面状态对其使用性能的影响越来越大。

为了适应上述要求，耐热防腐蚀的高强度合金在各种不同结构件中的使用和发展不断地得到扩大和加快。许多中碳钢一直作为低强度和低硬度的材料使用，而现在被热处理到很高的强度，并用于高强度的结构件。同样，许多工具钢曾经被热处理到HRC60或高一些的硬度，并主要利用它们的高硬度性；而现在被热处理到高达300,000磅/平方英寸的强度，并用于高强度的结构件。其它一些合金，如不锈钢和钛合金，已被专门研制成功并用于耐高温和防腐蚀的零件。

在许多新式的机械结构中，动载荷是一个主要的设计因素，因而设计容量往往受到结构材料疲劳性能的限制。受载零件的使用过程和故障分析表明，疲劳破坏差不多总是集中在零件表面或接近表面的地方。同时，在研究耐应力腐蚀的时候，再次认识到，零件的表面质量是决定腐蚀敏感性和腐蚀破坏的首要因素。由此可见，至少有两种重要的材料性质与表面密切相关，每当这两种性质对零件是重要的时候，就应该特别注意表面特性。

为了更有效地加工近几年出现的一些较高强度的高温合金，已研究出许多新的加工方法——既有常规的，也有辅之以电的。一般说来，这些较新的高性能材料本来就是较难加工的。同时，先进的设计已要求较严格地控制较复杂几何型面和较大表面的尺寸精度。通过研究高性能的先进材料的固有性质，通过研究对这些强度较高的材料进行粗加工和精加工时的困难性，以及通过研究零件在许多使用条件中所固有的表面敏感性，就可以清楚地看出，关键的问题是必须特别注意成品零件的表面质量。加工任何一个零件时，必须首先满足表面完整性要求。表面完整性有两个重要的内容。第一个是表面纹理，它主要控制表面粗糙度；而表面粗糙度主要是表面构形的一种量度。许多研究者一直在研究这个问题。第二个是表面冶金变化，它是研究已加工表面层内的特性的。因此，金属去除方法加工出的表面所具有的完整性包括表面构形和表面冶金变化这两个特性；而后者是材料在已选定的加工条件中所出现的机械-物理性能。

“表面完整性”这个名称是在一九六四年出现的，并从那时起，这个问题日益引起美国和世界机械制造界的注意。表面完整性的定义是用机械加工或其它一些表面加工方法加工出的表面所具有的固有状态或强化状态。已经发现，在许多情况下，表面层的特性对零件的机械性能有强烈的影响。这种影响在某些材料和某些加工工艺中表现得更为显著。

典型的表面完整性问题包括：

- 1、高强度钢起落架零件的磨削烧伤；
- 2、钻孔后出现的未回火马氏体；
- 3、切削液对钛合金应力腐蚀性质的影响；
- 4、在用镍基合金铸造的燃气涡轮叶片榫头上出现的磨削裂纹；
- 5、经电火花或电化学加工后零件疲劳强度降低；

6、薄壁零部件的畸变；

7、机械加工引起的残余应力及其对畸变、疲劳强度和应力腐蚀的影响。

二、表面变化的类型

根据表面变化的性质，可将表面变化分为以下几类：

- 1、冷加工或热加工引起的塑性变形；
- 2、切削加工中产生的积屑瘤引起的撕裂、折迭和缝隙一类缺陷；
- 3、再结晶；
- 4、表面层的硬度变化；
- 5、相变；
- 6、晶间腐蚀和化学成分的择优溶解；
- 7、显微裂纹和宏观裂纹；
- 8、表面层内残余应力的分布；
- 9、化学吸收作用引起的脆性，如吸收氢或卤素一类元素；
- 10、在电火花、电子束或激光加工时，沉积在表面上的重熔金属喷镀层。

加工所引起的以上这些表面变化的主要原因：

- 1、加工中产生了高温或大的温度梯度；
- 2、塑性变形；
- 3、在已加工表面上发生了化学反应和化学吸收作用。

早已认识到，磨削加工和现有的其它一些加工方法能够使表层发生变化，并产生残余应力。在这方面，早期的工作主要是研究淬火工具钢的表层变化影响。最近，在结构合金中也发现了与之类似的一些影响。这些结构合金主要打算用于航空和航天工业，并且也用于其它各种工业。

在美国空军的主办下，对许多钢、镍基合金和钛合金已经进行了残余应力和变形方面的研究。对4340和D6ac钢进行粗劣常规加工和电火花加工时，就会产生硬化的未回火马氏体层。

三、表面变化的实例

1 常规加工

随着精细加工与粗劣加工条件的变化，能够出现各种不同的表面层变化。本节将就这方面举一些例子。在诸如铣削或钻削一类的切屑去除加工中，精细加工的切削条件就是使用了锋利而寿命长的刀具，也就是说，刀具在严重磨钝以前能够长时间地进行去除加工。相反，粗劣加工的切削条件就是使用了钝刀具。

在平面磨削中，精细加工条件就是保持磨轮始终锋利的那些条件，而粗劣加工条件就是促使磨轮钝化的那些条件。在磨削的时候，有四个重要的参数会影响精细或粗劣磨削。这四个参数是砂轮等级、砂轮速度、向下进给量和磨削液，见表1。为了简短起见，本论文把精细加工和粗劣加工的确切条件省略去了。

表1、磨削试验条件

机床：Norton 8英寸×24英寸的液压平面磨床				
工件速度：40英尺/分， 横向进给量：0.05英寸/次				
磨削方式	砂轮等级	砂轮速度 英尺/分	向下进给量 英寸/次	磨削液
低应力	30A46H8VBE	2000	0.0002	硫化油
粗劣	32A46M5VBE	6000	0.002	干

一般说来，在进行金属切削加工时，粗劣的加工条件有助于产生较高的温度和过度的塑性变形，或二者之一。用检验表面层显微组织的方法，就可以容易地对许多有害的影响进行鉴定。显微组织变化层一般是非常浅的，在许多情况下深度小于0.001英寸。因此，对试样的截取和镶嵌需要专门的方法，以便使待检关键表面的边缘完全不受损伤。为此，已研制出一些专门的镶嵌技术和浸蚀技术。这类技术就是用环氧树脂和铝粉的混合剂把试样镶嵌起来。为了消除截留的气体，镶嵌件要在真空中固化。然后，在自动抛光机上抛光试件。为了尽量减少微量成分的剥落，有时还使用振动抛光。这些金相镶嵌件可用于观察金相的显微组织，并测定金相的显微硬度。

图1是一份典型的资料图。它说明在钻削4340钢（淬火并回火到HRC52）的时候出现的金相变化和显微硬度变化（金相照片从略，下同）。用精细条件钻出的孔表面与基体材料的组织基本上是一样的，而用粗劣条件钻出的孔表面具有未回火马氏体层，其硬度为HRC61，深度约为0.001英寸。未回火马氏体层的下面是过回火马氏体，其硬度较低，约为HRC43。变化层的总深度为0.01英寸。用精细和粗劣两种条件钻出的孔表面，其显微硬度变化如图1所示。

图2表示4340钢（HRC50）经精细、常规和粗劣三种加工条件磨削后其表面层的硬度变化。铣削时产生的表面变化和显微硬度变化同以上对钻削的说明相类似。

粗劣铣削4340钢时，因使用钝刀具而往往会产生未回火马氏体的条纹。

当用特别钝的钻头进行钻削的时候，已经发现显微开裂有时伴有未回火马氏体的形成。

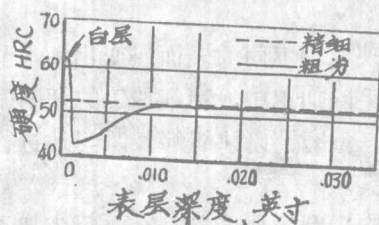


图1、4340钢（淬火并回火，HRC52）
经钻削后，其表面层的硬度变化

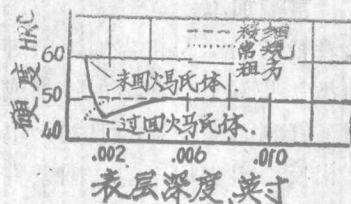


图2、4340钢（淬火并回火，
HRC50）经磨削后，其
表面层的硬度变化

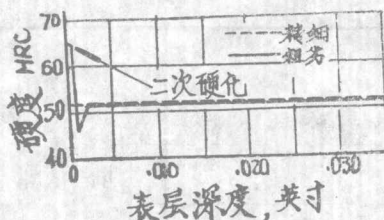


图3、4340钢（淬火，HRC50）
经铣削后，其表面层的硬
度变化

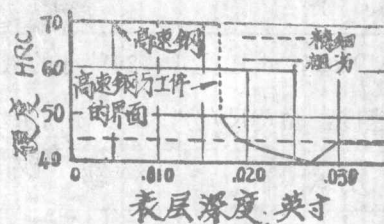


图6、410不锈钢（淬火并回火，
HRC45）经钻削后，其表
面层的硬度变化

用钻削加工中烧伤的高速钢钻头钻削钢和其它合金时，实际上会使钻头上的部分材料摩擦焊接到孔的底部。这种摩擦焊接层的硬度几乎为HRC70。

用粗劣的条件钻、铣或磨削18%高镍钢（时效，HRC52）时，材料表面上往往会产生软化层（HRC38），见图7。这种软化层是由于加工时产生的高温使已时效的高镍钢再溶解而造成的。这种现象称为奥氏体回复。

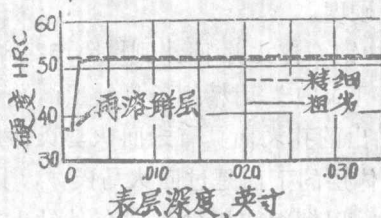


图7、18%高镍钢（250级，时
效，HRC52）经钻削后，
其表面层的硬度变化

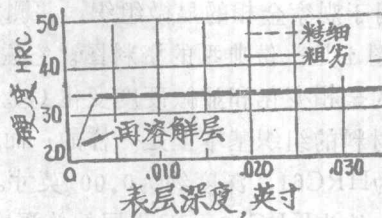


图10、Ti-6Al-4V（时效，
HRC35）经端面铣削后，
其表面层的硬度变化

用钝的硬质合金锥形铰刀铰削4340钢时,材料表面内会产生积屑瘤撕裂。端面铣削时,即是使用锋利的铣刀也往往会产生积屑瘤。

粗劣加工钛合金时,无论用切削加工还是用磨削加工,都会产生过热白层。与基体材料相比,过热白层可能比较硬也可能比较软。在端面铣削Ti—6Al—4V时,白层的硬度降低HRC12,见图10。

2 特种加工

电火花加工(EDM)出的表面层内一般含有硬而带裂纹的重铸喷镀金属层。这种重铸金属层通常多孔并多半含有裂纹。该层之下的表面变化层,可能与粗劣机械加工时出现的一样。当采用粗劣或粗电火花加工条件时,这类效应表现得更为显著。图11说明了4340钢(HRC50)经粗、精电火花加工后,其表面层内的硬度变化。当采用粗加工条件进行电火花加工时,表面层内含有球状重铸金属颗粒,这些颗粒喷镀到二次硬化马氏体白层上;它们的总深度为0.003英寸,硬度为HRC62。该层之下的变化层是过回火马氏体层,硬度为HRC46。采用精加工条件进行电火花加工时,表面层内含有不连续的重铸金属斑纹和一薄层二次硬化马氏体,两者的总深度为0.001英寸。

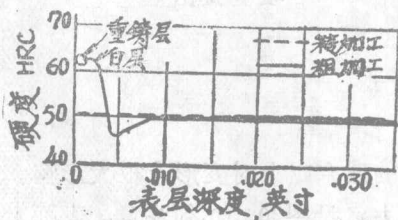


图11、4340钢(淬火并回火, HRC50)经电火花加工后,其表面层的硬度变化

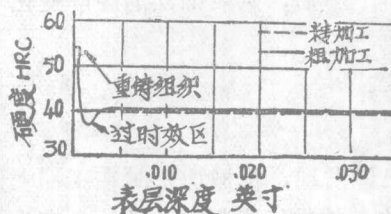


图12、铸造合金718(时效, HRC40)经电火花加工后,其表面层的硬度变化

用粗、精两种条件对铸造合金Inconel718进行电火花加工时,所产生的表面层变化如图12所示。采用粗加工条件时,在表面下0.002英寸的深度内有一层硬的重铸金属和一个软的过时效区域。重铸层内含有大量的裂纹并扩展到基体材料内。

其它一些内表面加工,如电子束加工(EBM)和激光束加工(LBM),往往容易同电火花加工产生同样类型的表面层变化。图13和14(从略)表示Inconel718合金经激光加工后出现的热影响区域。激光打孔会产生大量的热,从而在孔的进出口的表面上出现重铸金属层。

电化学加工能产生基本上无冶金变化的表面层。然而,当电化学加工控制不当时,就会出现选择性浸蚀或晶间腐蚀。粗劣的(失控的)电化学加工条件也容易增加表面粗糙度。电化学加工时发生故障还会导致较严重的表面层变化。电极和工件之间的短路能引起高热和晶间腐蚀。阳极和工件之间联接不良也会产生“点焊式”过热区域。电化学加工还会使零件产生表面软化层。大多数材料,经电化学和电抛光加工之后,都会出现

表面软化层。化学铣削也产生了这种效应。图16说明4340钢经精细和粗劣电化学加工之后出现的表面软化现象。这种表面的硬度比材料内部低HRC 5，扩展深度约为0.002英寸。4340钢经化学加工后出现的软化表面特性表示在图19中。在这里再一次看到，软化表面的硬度差约为HRC 5，而扩展深度约为0.001英寸。非常严重和特别深的表面软化层将会大大地影响金属材料的疲劳强度和其它机械性能。

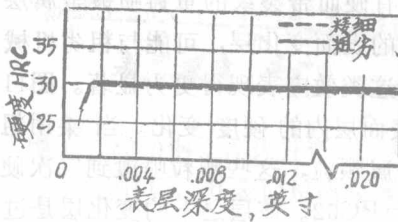


图16、4340钢（淬火并回火，HRC30）经电火花加工后，其表面层的硬度变化

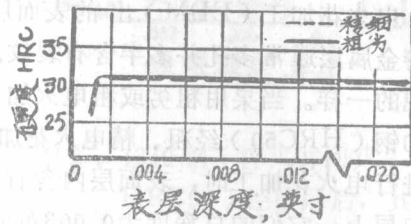
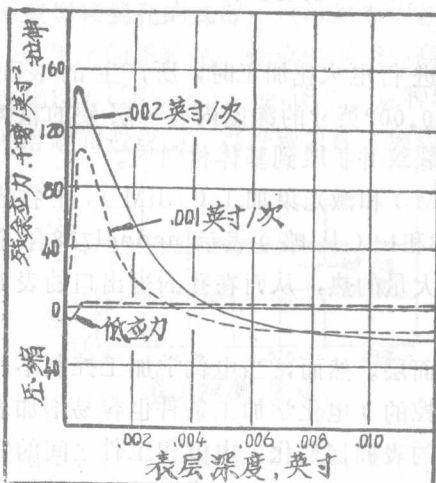


图19、4340钢（退火，HRC31—36）经化学加工后，其表面层的硬度变化

四、残余应力和变形

已经发现，机械加工时在工件表面层内出现的残余应力对变形有很大影响。当用较粗劣的条件进行磨削时，往往会产生拉伸残余应力，见图20。必须注意，表面上的应力值可能为零（甚至为负值），但表面下会变成拉伸应力。精细的磨削条件会使应力值减小，甚至能使应力的性质变成压缩的。残余应力曲线下面的面积越大，工件的变形就越大；试比较图20和21。



砂轮等级：A46K 8 V

砂轮速度：6000英尺/分

横向进给量：0.05英寸/次

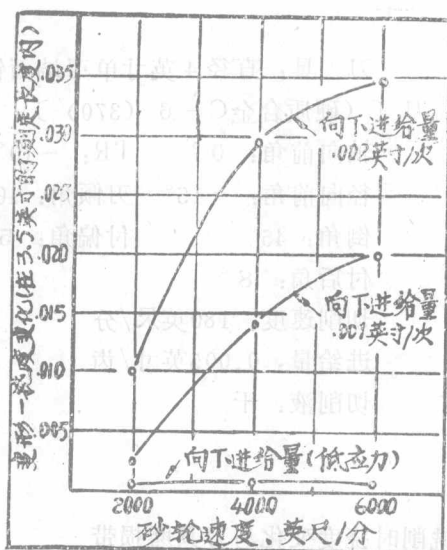
工作台速度：40英尺/分

磨削深度：0.01英寸

磨削液：硫化油（1：20）

试件尺寸：0.06 × ¾ × 4 ¼ 英寸

图20、磨削D6AC钢（HRC56）时，表面残余应力与横向进给量之间的关系



砂轮等级: A46K 8 V

横向进给量: 0.05 英寸/次

工作台速度: 40 英尺/分

磨削深度: 0.010 英寸

磨削液: 硫化油 (1 : 20)

试件尺寸: $0.06 \times \frac{3}{4} \times 4 \frac{1}{4}$ 英寸

图21、平面磨削D6AC钢 (HRC56) 时, 挠度变化与砂轮速度和向下进给量之间的关系

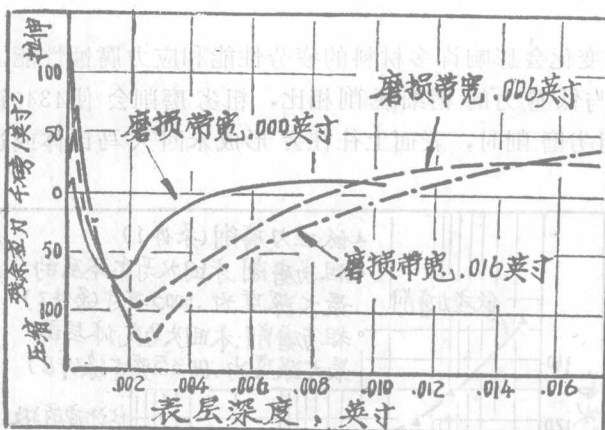
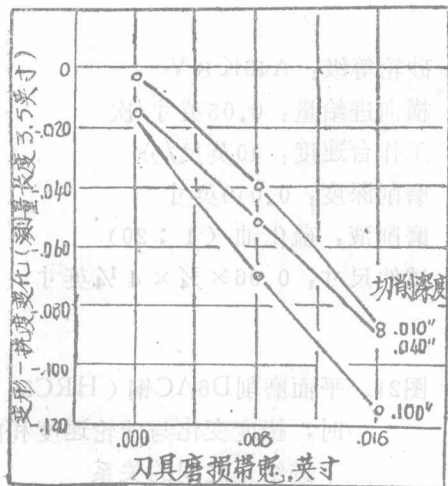


图22、4340钢 (淬火并回火, HRC52)

经铣削后, 其表面层内的残余应力分布

铣削的时候, 残余应力往往是压缩的 (见图22)。在端面铣削4340钢 (HRC52) 的时候, 表面上的应力是拉伸的, 但表面下的应力是压缩的。铣刀越钝, 压缩应力层就越深, 而变形也就越大, 分别见图22和23。



刀具：直径4英寸单刃端面铣
刀〔（硬质合金C-6（370）〕

轴向前角：0° TR：-10°

径向前角：-15° 刃倾角：10°

倒角：45° 付偏角：5°

付后角：8°

切削速度：180英尺/分

进给量：0.005英寸/齿

切削液：干

图23、4340钢（淬火并回火，HRC52）铣削时挠度变化与刀具磨损带宽度之间的关系

五、表面变化对机械性能的影响

众所周知，加工时所产生的表面变化会影响许多材料的疲劳性能和应力腐蚀性能。通过对高强度钢的广泛研究发现，与低应力的精细磨削相比，粗劣磨削会使4340钢（HRC50）的疲劳强度降低35%。粗劣磨削时，表面上往往会形成未回火马氏体或过回火马氏体的斑纹或条纹，而且这两种显微组织出现任何一种都会显著地降低疲劳强度。例如，已发现，当未回火马氏体的存在深度小至0.0005英寸和高达0.0035英寸时，疲劳极限就会从110千磅/平方英寸下降到70或75千磅/平方英寸，见图24。

对含有未回火马氏体的工件进行再回火决不能恢复其疲劳强度，因为再回火只能使未回火马氏体的硬度下降到基体材料的硬度。再回火对淬火钢中存在的软过回火马氏体无影响。低应力磨削产生的残余应力一般是压缩的，见图25。图25说明，低应力磨削表面的再回火对残余应力的

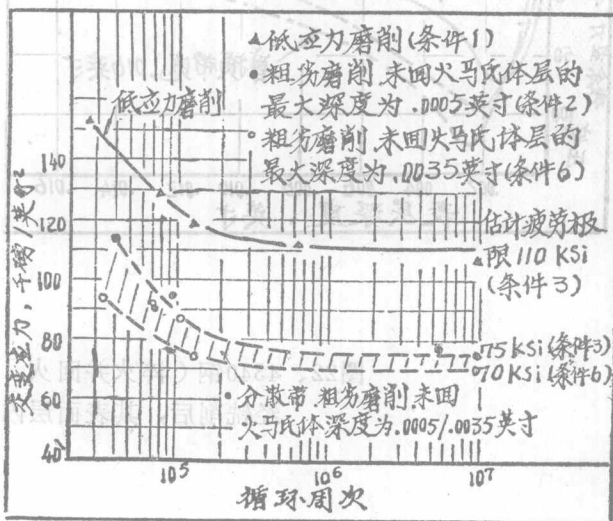


图24、4340钢（淬火并回火，HRC50—51）

经粗劣和低应力平面磨削后，材料的疲劳曲线比较陡，大数曲线变化面，表

分布几乎没有影响。相反,产生未回火和过回火马氏体的粗劣磨削往往容易在表面层内造成拉伸应力,见图26。由图可以看出,未回火马氏体层越深,残余应力层就越深。然而,如图26所示,最大拉伸残余应力值似乎并不受未回火马氏体层深度的影响。

同样,对经粗劣磨削的4340钢进行再回火几乎不影响残余应力的 大小 和 分布,见图27。粗劣磨削后经回火的4340钢的疲劳强度与不经回火的基本上一样,见图28。低应力和粗劣磨削的试验条件列在表1中。

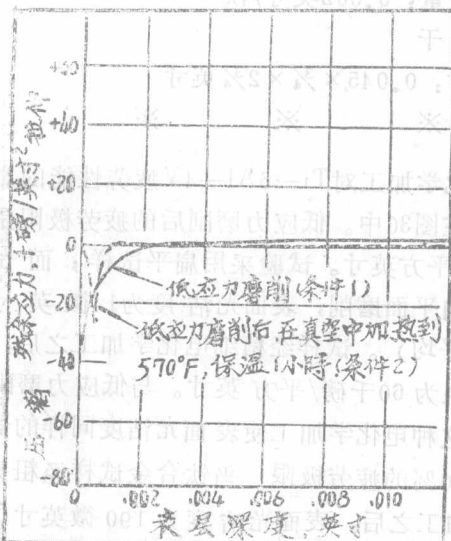


图25、4340钢(淬火并回火, HRC50—51)低应力平面磨削后的表面残余应力分布

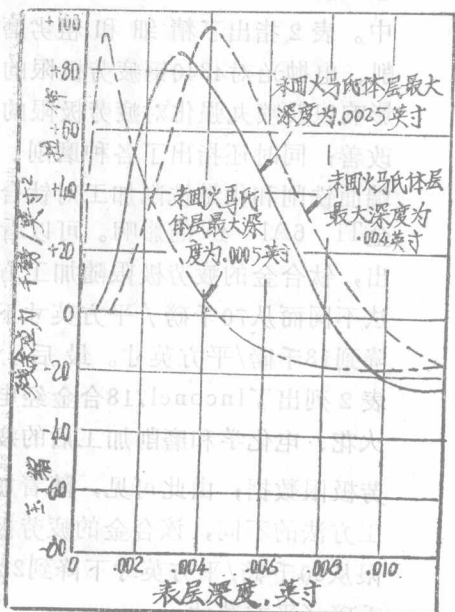


图26、4340钢(淬火并回火, HRC50—51)经粗劣平面磨削后的表面残余应力分布

电火花加工和磨削对Inconel718合金(时效)疲劳强度的影响表示在图29中。Inconel 718合金经精细磨削后的疲劳极限是60千磅/平方英寸;而经粗劣或精细的电火花加工之后,该合金的疲劳极限会降低到 22千磅/平方英寸,差不多降低了三分之二。

※ ※ ※
砂轮等级: 32A46H8 VBE
砂轮速度: 2000英尺/分
横向进给量: 0.050英寸/次
工作台速度: 40英尺/分
磨削深度: 0.010英寸
向下进给量: 0.0002英寸/次
试件尺寸: 0.045 × ¾ × 2¾英寸

砂轮等级: 32A46M5VBE
砂轮速度: 6000英尺/分
横向进给量: 0.050英寸/次
工作台速度: 40英尺/分
向下进给量: 0.002英寸/次
磨削液: 干
试件尺寸: 0.045 × ¾ × 2¾英寸

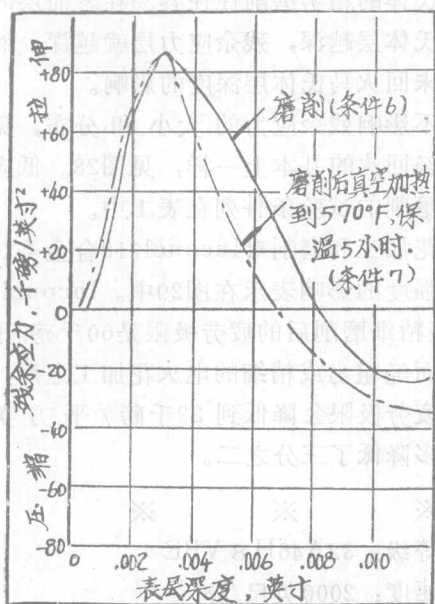


图27、4340钢(淬火并回火, HRC50—51)经粗劣平面磨削后, 含有0.0025英寸厚未回火马氏体时的表面残余应力分布

砂轮等级: 32A46M 5 VBE
 砂轮速度: 6000英尺/分
 横向进给量: 0.050英寸/次
 工作台速度: 40英尺/分
 向下进给量: 0.002英寸/次
 磨削液: 干
 试件尺寸: $0.045 \times \frac{3}{4} \times 2\frac{3}{4}$ 英寸

※ ※ ※

电化学加工对Ti—6Al—4V疲劳性能的影响表示在图30中。低应力磨削后的疲劳极限是67千磅/平方英寸。试验采用扁平试样, 而试样经纵向平面磨削, 表面光洁度为14微英寸(算术平均)。试样经精细电化学加工之后, 疲劳极限为60千磅/平方英寸。与低应力磨削相比, 这种电化学加工使表面光洁度同样的试样降低10%的疲劳极限。当钛合金试样经粗劣电化学加工之后, 表面光洁度为190微英寸。与低应力磨削相比, 这种方法使试样的疲劳极限降低到40千磅/平方英寸, 下降了40%。

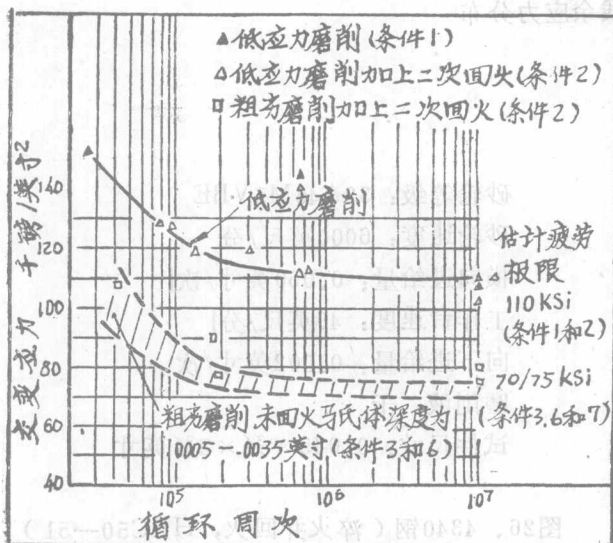


图28、4340钢(淬火并回火, HRC50—51)经低应力和粗劣磨削后, 其疲劳寿命受真空回火影响的效果

说明加工方法对疲劳强度的影响的另外一些数据列在表2中。表2指出了精细和粗劣磨削、电抛光对4340钢疲劳极限的影响以及喷丸强化对疲劳极限的改善; 同时还指出了各种磨削、端面铣削和化学铣削加工对钛合金Ti—6Al—4V的影响。可以看出, 钛合金的疲劳极限随加工方法不同而从70千磅/平方英寸下降到13千磅/平方英寸。最后, 表2列出了Inconel718合金经电火花、电化学和磨削加工后的疲劳极限数据; 由此可见, 随着加工方法的不同, 该合金的疲劳极限从60千磅/平方英寸下降到22千磅/平方英寸。

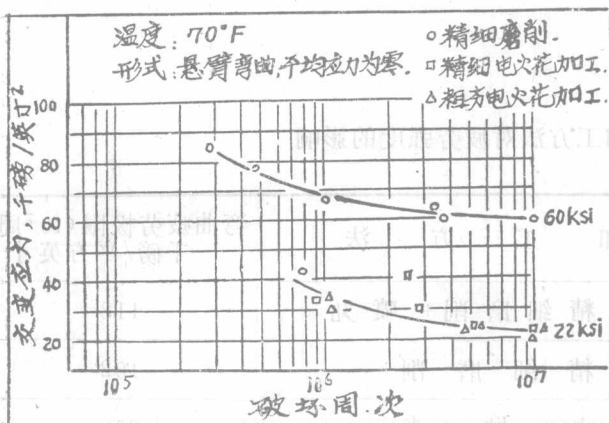
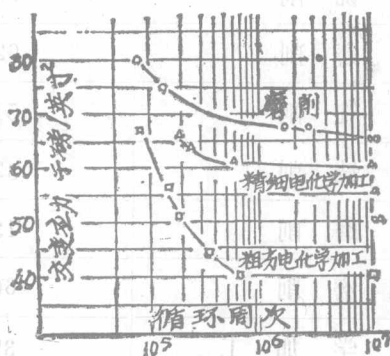


图29、Inconel718合金，经加工再进行固溶处理和时效后的疲劳性能



温度: 70°F

悬臂弯曲

平均应力为零

μ'' (AA) KSI (千磅/平方英寸)

14

67

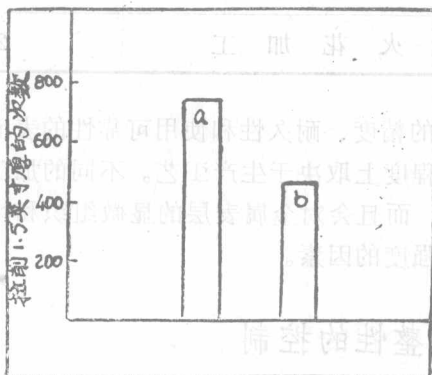
13

60

190

40

图30、Ti-6Al-4V经加工后的疲劳性能



刀具: 材料——M41 (高速钢)

硬度——65HRC

光洁度——10RMS

前角——18°

后角——3°

齿升量——0.003英寸

冷却液: 含硫氯化油

磨损带宽: 0.015英寸

图31、拉削Inconel718合金(固溶处理和时效, HRC44)时, 拉刀刃磨方法对刀具寿命的影响

a) 低应力刃磨: 砂轮速度为4000英尺/分, 向下进给量为0.001英寸/次, 喷雾冷却;

b) 高应力刃磨: 砂轮速度为5600英尺/分, 向下进给量为0.001英寸/次, 干磨。

表 2、加工方法对疲劳强度的影响

合 金 牌 号	加 工 方 法	弯曲疲劳极限(10^7 周) 千磅/平方英寸
4340 钢, HRC50	精 细 磨 削 + 喷 丸	118
	精 细 磨 削	102
	电 抛 光	90
	粗 劣 磨 削	62
Ti-6 Al-4 V, HRC32	精 细 铣 削	70
	精 细 磨 削	62
	化 学 铣 削	51
	粗 劣 铣 削	32
	粗 劣 磨 削	13
Inconel718, 时效, HRC44	精 细 磨 削	60
	电 化 学 加 工	39
	普 通 磨 削	24
	电 火 花 加 工	22

A·A·马特林指出, 决定已加工零件的精度、耐久性和使用可靠性的表面性质, 不仅取决于设计和材料的性能, 而且在很大程度上取决于生产工艺。不同的加工方法和条件, 不仅会产生不同质量的表面光洁度, 而且会对金属表层的显微组织和物理—机械性能具有不同的影响; 而后者是影响零件强度的因素。

六、表面完整性的控制

为了确保优质的表面完整性, 需要在现有的技术条件下采用“工艺过程控制”。为此, 编制了表面完整性指南, 以便对去除加工进行指导。许多公司正在通过附加“金属去除加工的说明书”对加工条件进行控制。在加工高强度钢或采用诸如电火花加工和电化学加工等关键工序时, 这种方法是特别重要的。确保优质表面完整性的另一种重要的方法就是喷丸强化。喷丸强化会产生一个冷加工的压缩应力层; 一般说来, 这样的表面层

会提高疲劳强度和改善应力腐蚀性能。

利用检验方法对已加工零件进行质量控制也是重要的。遗憾的是现有的无损测试方法中,可用的并不多(表3从略,详见《表面完整性的测试方法评述》一文)。譬如说,未回火和过回火马氏体可以用宏观浸蚀方法进行确定;但是,这种方法当然只适用钢材。用渗透方法可以检查相当大的裂纹。另外,虽然检测表面变化的超声波和涡流装置得到广泛的发展,但是仍然需要大量地研制可靠的无损检测设备,以便正确地鉴定表面变化。

同时,还需要比较完全地评定表面构形。目前唯一可行的表面粗糙度规范是用触针仪测出的数据编制的。当然,测定整个表面上的粗糙是必要的。对于结构零件来说,表面的下斜或波谷是非常重要的;而对于轴承件来说,表面的上斜或波峰是比较重要的。为了确定表面粗糙度与零件使用性能之间的关系,还需要做进一步的研究。表面粗糙度与摩擦件和轴承件之间的关系问题已经做了一些工作。然而,确定表面粗糙度本身与材料疲劳性能和应力腐蚀敏感性之间的关系方面的工作却做得很少。最后,有证据说明,加工方法及其所造成的表面层状态会影响裂纹的起始和发展,因而也会影响材料的断裂韧性。

七、结 论

为了改善机械成品件的可靠性,首先需要知道常规或特种加工方法可能给材料带来的表面损伤和表面变化;然后需要对加工方法进行控制,使不合乎要求的表面损伤减少到最少。有时可以应用诸如热处理或喷丸强化一类的后期处理方法,以获得合乎预定要求的表面状态,进而可以保证符合要求的机械—物理性能。

在对加工过程及其影响之间的定量关系不太明确之前,应该利用表面完整性指南制定出某种程度的“工艺过程控制”文件。这样的指南已经编制出来了,并将随时进行补充。

最后,必须强调指出,如果使用要求没有规定,就不应该强行研究表面完整性的控制条件。同时,经验已经证明,最好是研究具体情况下的表面完整性数据;只有在缺少具体资料的情况,才能使用或参考一般的指导资料去制造关键的零件。

译自“Review of Surface Integrity of Machined Components”,
Annals of CIRP, Vol.20, NO.2, 1971.