

高表面手机壳体用铝合金材料的生产制备技术

余巨攀¹, 索有喜¹, 林顺岩², 林 林², 郭佛保¹

(1. 东莞市润华铝业有限公司, 广东东莞, 523430; 2. 西南铝业(集团)有限责任公司, 重庆, 401326)

摘要: 介绍了高表面手机壳体用铝合金的高表面特性和高性能特性这两个基础特性, 从合金选择、化学成分控制、熔体净化、变形加工及热处理等方面, 提出了生产制备过程中须遵循的原则, 概述了高表面手机壳体用铝合金材料的生产制备技术, 并展望了高表面手机壳体用铝合金材料的发展前景。

关键词: 高表面铝合金; 手机壳体; 阳极氧化; 纯净化

Production and Preparation Technology of Aluminum Alloy Material for High Surface Mobile Phone Shell

JupanYu¹, You xi Suo¹, Shunyan Lin², Lin Lin², Fobao Guo¹

(1. Dongguan Runhua Aluminum Co., Ltd, Guangdong Dongguan 523430;

2. Southwest Aluminum (Group) Co., Ltd, Chongqing 401326)

Abstract: Two basic characteristics which are high surface and high performance of aluminum alloy using for high surface mobile phone shell is introduced from the following aspects: the choice of alloy, chemical composition control, melting purification, deformation processing and heat treatment, etc, presenting the principle which must be followed in the process of preparation production, outlining the production preparation technology of using aluminum alloy material for high surface mobile phone shell, and the development prospect of aluminum alloy material for high surface mobile phone shell is prospected.

Key words: high surface aluminum alloy; mobile phone shell; anodic oxidation; purification

前言

提制作手机外壳的材料要求具有强度高、耐热导热性良好、具有电磁屏蔽性、尺寸稳定、外观好等特点, 以达到保护、散热、轻薄壁化、美观的作用。高分子材料、钢铁、不锈钢、陶瓷和钛合金等, 都曾经在手机壳体中获得应用, 但铝合金以其质轻、价廉、易加工、

良好的热导率和阳极氧化后色彩绚丽等特性和优点, 成为智能手机壳体的主要应用材料。目前, 4G/5G 手机壳体已大量采用双面玻璃设计, 以获得更好的手机信号和上网体验, 以及更吸引眼球的外观, 但手机壳体的中框及中板, 依然是以高表面铝合金为主。铝合金的质量轻、散热性较好、抗压性较强, 能充分满足手机产品高度集

表 1 部分手机壳体用铝合金的化学成分, wt%

合金	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Al
5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2-2.8	0.15-0.35	0.10	/	/	余量
5252	0.08	0.10	0.10	0.10	2.2-2.8	/	0.05	/	/	余量
6063	0.2-0.6	0.35	0.10	0.10	0.4-0.9	0.10	0.10	0.10	/	余量
6061	0.4-0.8	0.70	0.15-0.4	0.15	0.8-1.2	0.04-0.35	0.25	0.15	/	余量
6013	0.6-1.0	0.50	0.6-1.1	0.2-0.8	0.8-1.2	0.10	0.25	0.10	/	余量
7003	0.30	0.35	0.20	0.30	0.50-1.0	0.20	5.0-6.5	0.20	0.05-0.25	余量
7005	0.35	0.40	0.10	0.20-0.7	1.0-1.8	0.06-0.20	4.0-5.0	0.01-0.06	0.08-0.25	余量

成化、轻薄化、微型化、电磁屏蔽、散热及美观的要求。

手机壳体用高表面高性能铝合金与常用变形铝合金的区别,主要是关注性能的重点不一样。常用变形铝合金材料,重点关注铝合金材料的强度、韧性和抗腐蚀性能等。高表面高性能铝合金材料重点关注材料阳极氧化后的表面质量,其次是兼顾材料的强度、热导率、抗腐蚀性能、电磁屏蔽等其它性能。

手机壳体用铝合金的高表面特性主要有两个方面的含义:

一是合金材料变形加工后产品优良的表观质量;如轧制板材、挤压带材等,可直接冲压成型或少量机加工后表面处理等,以获得高表面质量的铝合金产品。二是合金材料经机加工并氧化表面处理几乎无缺陷的表观质量。这就要求合金材料具有很高的内部质量,要求材料组织致密、均匀,阳极氧化后材料无花斑、色差、条纹、黑线等缺陷。

手机壳体用铝合金的高性能特性也主要有两个方面的含义:

一是合金材料的力学性能要求,满足用户对强度、塑性及腐蚀性能、表面处理等方面的使用要求;二是高成型性能要求,要求合金材料具有高的冲压、锻压、切削加工等性能,无冲压裂边、裂纹、橘皮、加工表面粗糙、氧化后出现的花斑、色差、崩膜等缺陷。

目前,从手机外观设计及材质来看,手机壳体同质

化严重。大多数手机壳体采用 5000 系、6000 系和 7000 系高表面铝合金,充分利用了铝合金的质轻、散热、易加工和美观等特点。采用新型高性能铝合金材料,突破现有的外观风格,独树一帜从而引领市场,是手机设计工作者孜孜以求的目标。

1 合金选择与成分控制

随着智能手机的普及和生活水平的提高,具有金属质感和高表面的手机壳体铝合金获得了广泛的应用。高端智能手机壳体已逐步淘汰传统的塑料、铝合金压铸件、不锈钢以及钛合金等机身外壳,普遍采用经 CNC 和表面处理的高表面高强度铝合金。目前,最新型的智能手机采用双玻或双玻曲面屏,但手机中框等结构件依然采用高表面高强度的铝合金材料。

6063 合金挤压铝材率先应用于苹果 iPhone6 和苹果 iPhone6plus 高端智能手机,其金属质感、色彩艳丽丰富等优点,受到了手机市场的追捧。6063 铝合金是生产制备技术较成熟的铝合金,有着优良的挤压变形加工性能,阳极氧化效果好,制备成本低,是一种较理想的手机壳体金属材料。但随着苹果 iPhone6plus 手机外形尺寸的增大,6063 铝合金强度较低的缺点越来越明显,频繁出现的“折弯门”导致手机机身弯曲变形。

为避免手机出现“折弯门”缺陷,高强度 7000 系铝合金就成为手机壳体材料较好的选择之一。Al-Zn-Mg

和 Al-Zn-Mg-Cu 的 7000 系铝合金，是铝合金中强度最高的铝合金，广泛应用于航天航空、交通运输轻量化等领域。与 6063 铝合金相比，7000 系铝合金尤其是含 Cu 的 7000 系铝合金，强度高但抗腐蚀性能差，且阳极氧化效果也不尽如人意。采用控制合金元素 Zn 的含量和 Zn/Mg 比值、优化热处理工艺以及开发 7000 系铝合金阳极氧化专用工艺，高强度 7000 系铝合金在手机壳体上获得了市场应用与普及。

5000 系铝合金不同于 6000 系和 7000 系，为热处理不可强化铝合金，主要以轧制薄板、冲压成型应用于手机壳体，相对于挤压铝材，轧制板材在手机壳体制作应用时，具有工序少、机加工量少、生产效率较高的特点，同时轧制板材的制备更能形成规模化生产，大规模加工生产时，相对制备成本较低。5000 系合金有着较好的阳极氧化效果，色彩绚丽，抗腐蚀性能好。因轧制变形加工方式的特性，合金材料易出现沿轧制加工方向的材料纹缺陷、冲压成型时局部表面粗糙甚至“橘皮”缺陷，降低材料的阳极氧化效果和良品率，消除轧制板材材料纹、局部粗糙表面或“橘皮”缺陷成为轧制薄板在手机壳体上获得应用的关键。

目前，消费者不再追求手机屏的大尺寸，屈服强度不低于 240MPa 的铝合金材料完全满足手机壳体材料的强度要求。为充分发挥 6000 系铝合金可挤压加工性能好、阳极氧化技术成熟度高、抗腐蚀性能好以及制备成本较低的优点，材料供应商根据自身对手机壳体材料特性的认识以及其下游用户对材料的性能要求，研究

开发出了系列的高表面高强度 6013 型手机壳体铝合金，不同的生产厂家命名的合金名称五花八门，但合金材料的化学成分均是 6013 型铝合金的改型。

手机壳体用铝合金材料选择的基本原则，一是合金材料阳极氧化后，包括材料 CNC 后阳极氧化，具有无黑点、黑线、材料纹、花斑以及色差等缺陷的高表面质量，满足目前高端手机壳体色彩绚丽、丰富和潮流时尚等市场需求；二是合金材料屈服强度、抗腐蚀性能等满足手机壳体结构强度及防腐等使用要求；三是合金材料具有较好的塑性变形加工性能，技术成熟度高，适应大规模工业化生产，工序少、生产流程短，制备成本可控。

材料的组织决定材料的性能，材料的化学成分可以预判材料可能出现的组织。为获得所需要的手机壳体铝合金的强度，合金材料必须有足够的强化相；为保证手机壳体用铝合金材料的阳极氧化高表面性能，需严格控制合金材料的杂质含量和微量元素的含量。要获得较为理想的合金组织，控制主要强化相、第二相和杂质相等的形貌、数量和分布，化学成分的合理选择是合金组织控制重要的、也是关键的环节之一。

一般来说，Fe 在铝合金中大多是以杂质的形式存在，主要是由原材料铝锭和生产时用的铁质工具带入，是铝合金中最常见而且也是对合金性能有着显著影响的杂质元素之一。Fe 元素极易与基体中的 Al、Si、Mn 等反应形成金属间化合物，铝合金中常见的有 α -Al₃Fe₂Si 相和 β -Al₉Fe₂Si₂ 相两种，其中片层状的 β -铁相 (Al₉Fe₂Si₂) 容易在变形时引发局部裂纹，降低合

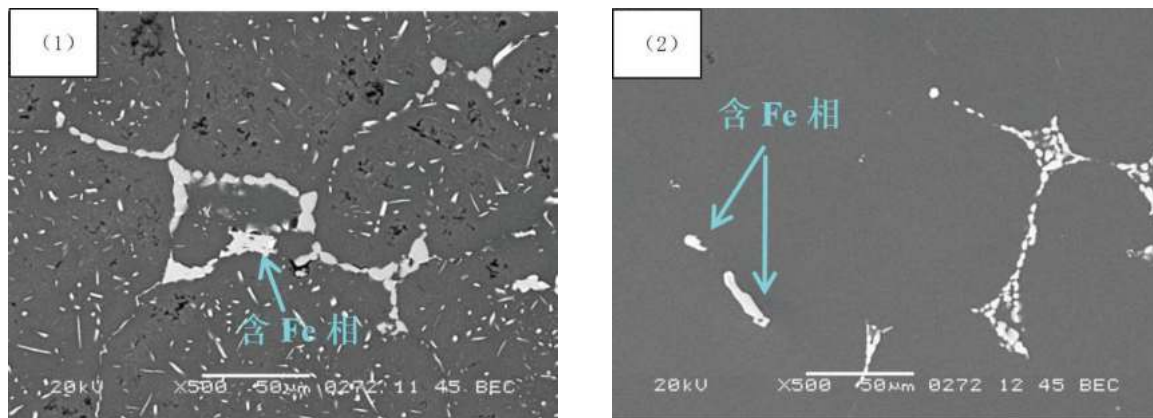


图 1 7000 系铝合金铸锭均匀化前后典型组织 (1) 预退火 (2) 均匀化热处理

金的强度且影响合金的表面质量^[1]。在合金中少量 Fe 的存在有助于细化铸态晶粒，但当 Fe 的含量超过规定值时，易使合金发生局部腐蚀。AlFeSi 含 Fe 相因与铝基体的电化学电位不同，碱洗时促进铝基体的溶解，出现蚀坑^[2]。要保证氧化膜的均匀性和连续性，应严格控制铝合金中 AlFeSi 相的数量和尺寸^[3]。

随着 Fe 含量的增加，铝合金的漫反射性能提高；当 Fe 含量较高时，制品的阳极氧化膜外观灰暗，不光亮。对 Al-Mg-Si 合金进行阳极氧化着色，在同样的物理化学条件下，低 Fe 含量的合金氧化膜厚，而且有较强的耐腐蚀性。对于耐腐蚀性要求高且需要参与氧化着色的铝型材来说，Fe 含量应控制在 0.20wt% 以下，如要求具有无光泽表面和漫反射表面的铝型材，Fe 含量宜大于 0.20%^[4]。

含 Fe 的杂质相为高熔点的难溶相，即使在温度为

600℃ 均匀化加热时，含 Fe 的 AlFeSi 相仍不发生回溶^[3]。在后续的塑性变形加工过程中，含 Fe 相也很难破碎。因此，要降低含 Fe 相的有害影响，就必须降低原辅材料的 Fe 含量以及严格控制熔铸生产时的铁质工具增 Fe。考虑到生产制备成本，高表面的手机壳体铝合金的 Fe 含量一般控制在 0.12% 以下。

Ti 元素为铝合金晶粒细化的常用添加元素，一般采用 Al-Ti、Al-Ti-B、Al-Ti-C 等中间合金晶粒细化剂炉内或炉外在线添加。晶粒细化可提高合金强度、塑性、成型、阳极氧化和表面质量等性能，含 Ti 的晶粒细化剂是目前为止铝合金必不可少的添加剂。除 1000 系合金对 Ti 含量控制较低外，大多数变形铝合金对 Ti 含量控制范围较宽。由于含 Ti 的中间合金晶粒细化剂中含 Ti 化合物易聚集的固有特性，且晶粒细化剂质量参差不齐，在变形铝合金常规的熔炼铸造温度范围内，细化

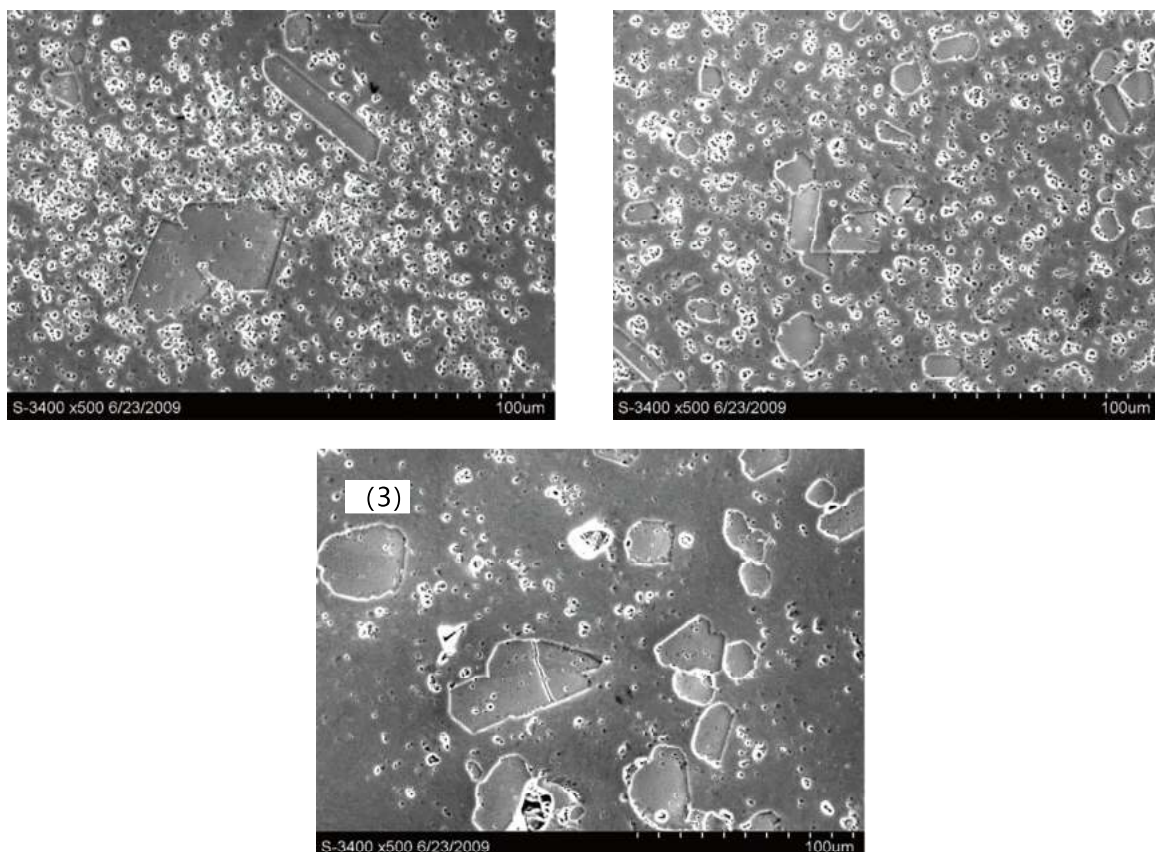


图 2 不同冶金质量的 Al-5Ti-1B 丝晶粒细化剂 SME 照片

(1) 国内普通型 (2) 国内改进型 (3) 国外进口型

剂中的大尺寸初生化合物和团聚的含 Ti 化合物，极易遗传到后续生产的铝合金制品中，在阳极氧化处理后，合金铝材表面会出现黑点甚至黑线缺陷，严重影响铝材的表面质量和美观。

晶粒细化剂的显微组织对铝合金细化效果影响显著，从而影响细化合金的组织性能。Al-Ti-B 丝的细化效果与其粒子的种类、数量、形态、大小以及分布有关。图 2 中呈块状和条状的化合物为 Al_3Ti ，呈鱼卵状形貌的为 TiB_2 颗粒化合物。

研究表明，晶粒细化剂中 Al_3Ti 化合物的尺寸越小，分布越均匀弥散，其晶粒细化效果越好；同时， TiB_2 颗粒的数量越多，分布均匀弥散，其晶粒细化效果也越好。从图 2 中晶粒细化剂的组织判断，国内改进型的晶粒细化剂质量和细化效果好于国内普通型和国外进口型。因此，生产应用中应对晶粒细化剂进行入厂检验，并分级使用。

图 3 为 6000 系手机壳体挤压铝型材黑点黑线缺陷组织形貌。在扫描电镜下观察，短线状组织（黑线）是由沿挤压方向不连续的串状物质组成。经能谱定性分析，点状和串状物质除铝合金基体成分外，含有较多 Ti 元素，为含 Ti 的化合物。

目前，常用的 Al-Ti-B 晶粒细化剂中不可避免的存在有块状或条状的 Al_3Ti 化合物、 TiB_2 颗粒。在选取优质晶粒细化剂、保证合金晶粒尺寸细小、均匀的同时，也应严格控制晶粒细化剂的添加量，避免因晶粒细化剂的有害遗传作用导致手机壳体铝合金出现黑点、黑线缺

陷。在手机壳体铝材的生产实践中，一般将晶粒细化剂添加量的 Ti 含量控制在 0.02% 以下。

2 熔炼铸造与变形加工

铝及其合金在熔炼过程中，铝熔体中存在夹杂物、气体等，影响熔体纯净度，导致铸锭易产生气泡、气孔、夹杂、疏松、裂纹、白斑等缺陷，对铸锭加工性能及制品的强度、塑性、抗蚀性、阳极氧化性和外观品质均有显著影响^[5-7]。因此，提高铝熔体的纯净度和铸锭冶金质量，从而获得高质量的铝制件，是铝加工质量控制的一个重要部分。

高表面手机壳体铝合金熔炼铸造工艺控制的总体目标，就是铝合金熔体的高纯净度。其遵循的原则就是：一是采用较高纯度的原材料，如高纯铝、添加高纯金属和高纯中间合金等，严格控制杂质含量；二是获得优良的合金冶金质量，控制晶粒大小、均匀，降低合金氢含量（疏松），减少和防止夹渣，降低成分偏析等；三是防止熔体二次污染，如铁质工具增铁、铸造流槽和流盘非金属物裹入、液面波动氧化膜裹入等。四是精确控制合金成分及添加方式，选择合适的晶粒细化剂种类、级别及含量，防止合金元素偏析和聚集。

在合金熔炼铸造过程中，应控制合金熔体温度最高不超过 760℃，防止熔体中的氢含量呈台阶式的增长，在精炼净化除气后，合金铸锭的固态氢含量控制在 0.15ml/100gAl 以下。熔体精炼除气采用高纯惰性气体或高纯惰性气体 + 氯气混合气体在线精炼；熔体过滤采

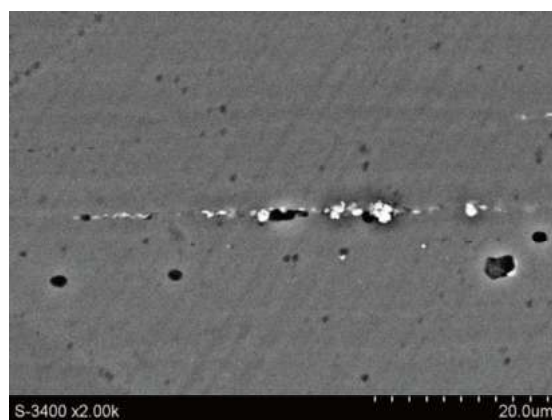
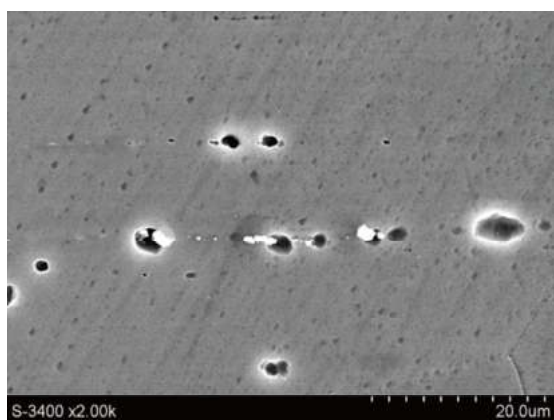


图 3 6000 系手机壳体挤压铝型材典型黑点黑线缺陷组织形貌

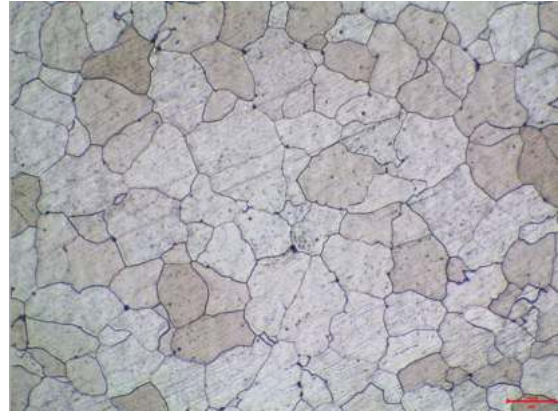


图4 热顶 DC 铸造生产的手机壳体用铝合金铸锭及铸锭横截面高倍组织



图5 铝合金挤压在线水冷和在线风冷

用 40ppi 或以上精度的陶瓷过滤板单级、双级过滤，或者采用管式过滤等方式过滤熔体；选择优质的含 Ti 晶粒细化剂在线细化合金铸锭晶粒，控制合金铸锭晶粒大小均匀，晶粒尺寸控制在 $150\ \mu\text{m}$ 以下。

高表面手机壳体用变形铝合金主要的加工方式为挤压型材和轧制薄板，6000 系和 7000 系合金为挤压型材，5000 系和 6000 系为轧制薄板。6000 系和 7000 系（不含 Cu 或含微量 Cu）的铝合金，可挤压性好，固溶淬火温度范围宽，淬火敏感性较低，可实现在线淬火；5000 系和 6000 系铝合金，热加工温度范围宽，热塑性高，加工变形性好。目前，商业化市场应用的高表面手机壳体铝合金，均可实现短流程生产加工，可提高生产效率和成品率，降低制备成本，适应规模化大批量生产。

手机壳体用铝合金型材的挤压加工，选择挤压系数

最好控制在 15-40 之间。过低的挤压系数，易造成挤压铝材组织不均匀，铸态晶粒破碎不充分，甚至还存留有铸造组织，导致合金性能均匀性差，晶粒大小不一，强度低，耐腐蚀性差，阳极氧化后出现花斑缺陷。过高的挤压系数，易增大材料的各向异性，阳极氧化后易形成材料纹缺陷；并且，过高的挤压系数，挤压铝材产生粗晶组织的几率大增，降低合金强度和耐蚀性能，还会在阳极氧化后出现花斑缺陷，同时，因挤压变形抗力较大，还会降低模具的使用寿命。在铝合金的挤压生产时，在线淬火最好选择在线喷水淬火或者在线穿水淬火，尤其是挤压高合金化的手机壳体铝合金带板型材。在线水冷时冷却强度大，淬火组织固溶程度高，在后续的时效过程中，合金组织均匀，耐腐蚀性好；采用在线风冷，由于淬火冷却速率低，虽然对合金强度性能影响不大，但

极易因冷却强度低产生脱溶，形成尺寸相对较大的第二相，铝材在阳极氧化后出现麻点、黑点和表面亚光等缺陷。当然，在挤压薄壁、小规格型材时，可采用风冷或喷雾冷却，也能保证铝材形成充分的过饱和固溶体，因此，适当降低固溶淬火冷却强度，可防止水冷淬火造成型材扭拧变形。

手机壳体用铝合金薄板的轧制加工，由于轧制加工为两向受力变形的固有特性，且一般变形加工率为90%以上，因此，轧制加工生产的铝合金薄板，其纵、横向性能差异较大，在阳极氧化后极易形成明显的材料纹缺陷，影响手机壳体的表面质量。为获得良好的合金薄板表面质量，一是合金铸锭须铣面除去表面缺陷层，铣面深度不低于合金铸锭低倍检测表面缺陷层的深度；铣面后合金铸锭表面不允许存在深度超过1.5mm的拉痕、成层、缩孔等缺陷，也不允许存在超出1.0mm的金属瘤。二是控制合金热轧板材的热轧终了温度不低于320℃，充分利用余热自身回火，尽可能消除热轧铝材（主要是卷材）组织的不均匀性。三是优化合金薄板的冷轧工艺，选择中间退火与冷轧加工率的最佳匹配，在保证合金薄板力学性能、耐腐蚀性能、深冲压成型性能的同时，降低材料的各向异性，消除合金薄板的材料纹缺陷、冲压橘皮纹等缺陷。

3 铝合金热处理

铝合金热处理包括合金铸锭均匀化、中间退火、固溶淬火及时效等热处理。铸锭均匀化退火是手机壳体用铝合金重要的加工工序之一，铸锭均匀化退火目的，主要是消除铸锭铸造时的残余应力，提高合金塑性，降低合金变形抗力，改善合金加工工艺性能。铸锭均匀化退火时，合金主要的组织变化是铸锭枝晶消除、非平衡相溶解、过饱和的过渡元素沉淀，溶质的浓度逐渐均匀化。铸锭均匀化是否充分，直接影响合金最终成品的各项性能，如果铸锭均匀化不彻底，采用后续的热加工、冷加工及高温退火或固溶热处理等补救措施，效果并不理想，尤其是高合金化的合金。判断铸锭均匀化程度，一般采用观察合金微观组织的金相法，辅以合金硬度、电导率检测等方法，可较准确地确定合金铸锭的均匀化

效果，初步确定合金铸锭均匀化的保温时间。采用仿真模拟软件和DSC试验，可初步确定合金铸锭的过烧温度。为达到合金铸锭均匀化和提高生产效率的目的，铸锭均匀化的加热温度较高，选择接近合金铸锭低熔点相的实际熔化温度。因此，应严格控制铸锭均匀化热处理加热的金属温度，防止铸锭过烧。

目前，合金铸锭均匀化热处理已由单级均匀化发展出双级甚至多级均匀化，针对产品的特性和不同性能需求，采用不同的均匀化热处理工艺。由东莞市润华铝业有限公司和西南铝业（集团）有限责任公司联合开发的“6000系铝合金铸锭低温均匀化热处理”新工艺，在消除铝合金挤压粗晶组织、消除阳极氧化后花斑缺陷等实际生产应用中，获得了很好的效果；同时，联合开发的“铝合金铸锭高温析出均匀化热处理”新技术，在提高合金可挤压性和挤压铝材表面质量等方面的生产应用中，高合金化、高强度、难挤压铝合金的挤压速度在原来的基础上提高70%以上，挤压铝材表面质量提高了一个等级。

铝合金在热加工变形之后进行冷加工，为恢复合金加工变形塑性，一般采用中间退火热处理，其中包括消除应力退火、再结晶退火和特殊合金固溶淬火退火等方式。中间退火的主要目的是恢复合金加工变形塑性，利于后续的再次冷加工，但同时也要考虑其对合金组织及最终成品各项性能的影响，选择适宜的中间退火热处理工艺。对高表面手机壳体铝合金来说，工序间的中间退火，甚至是多次中间退火，应避免因中间退火造成合金晶粒急剧长大形成合金表面粗晶组织，既降低了合金强度性能和耐腐蚀性能，同时，也会在阳极氧化后形成花斑缺陷，尤其是挤压铝材的冷加工过程中，选择较低加热温度的消除应力退火，有利于合金综合性能和表面质量的提升。消除铝合金轧制薄板的材料纹缺陷，是高表面手机壳体用铝合金薄板的难题之一。轧制加工将合金晶粒沿轧制方向延伸拉长，在板材表面表现为沿轧制方向的纹路，喷砂处理和阳极氧化处理也不易将此纹路遮盖。如果控制合金晶粒等轴化，降低或消除其方向性，合金就不会产生材料纹缺陷。因此，在冷加工到合适的板材厚度、后续的冷加工能保证合金要求的性能时，选

择较高温度的再结晶退火,有利于消除轧制薄板的材料纹缺陷。当然,中间退火工艺也不是一成不变的,可根据产品的性能要求和要达到的目的,在不脱离铝合金退火基本原理的情况下,适当调整中间退火热处理工艺。

为获得需要的合金性能,可热处理强化的铝合金,均采用固溶淬火热处理,并辅以时效热处理提高合金力学性能及耐腐蚀性能等综合性能。固溶淬火热处理是将金属加热到一定温度,保持足够时间,形成过饱和固溶体,然后以快速淬冷的方式获得亚稳定的过饱和固溶体,以求在随后的时效时获得高的强度和足够的塑性。

目前,6000系和7000系手机壳体铝合金挤压材大多采用在线固溶淬火热处理,铝材挤压出口温度可设定为固溶淬火温度,固溶淬火温度必须低于合金的过烧温度。结合合金的热加工塑性温度区间范围、挤压过程中挤压温升,优化设定合金挤压锭温、筒温和挤压速度,确保合金挤压出口温度在较为理想的固溶淬火温度范围内。研究及实践表明,一般6000系高表面手机壳体铝合金固溶淬火温度控制在520-545℃,7000系铝合金固溶淬火温度控制在450-470℃,均可满足合金性能指标要求。但常用的手机壳体7005铝合金挤压型材,部分生产厂家采用高温挤压和高温固溶淬火(520℃以上),金相组织检测时没有观察到明显的过烧特征,且各项性能也能满足使用要求。有研究表明,7005铝合金的过烧温度为550℃^[8]。更多的研究表明,7005铝合金的过烧温度为480℃^[9-12]。

热处理可强化铝合金经固溶淬火后时效,合金强度会大幅增长。6000系手机壳体用铝合金在T6状态下也具有较好的耐腐蚀性能,因此,考虑到生产效率和制备成本,该系合金大多采用单级峰值人工时效,时效加热温度为170-200℃,保温时间为1.5-8小时,冷却方式为出炉空冷。7000系手机壳体用铝合金的抗腐蚀能力较差,在T6状态下的耐腐蚀性能最差。为提高该系合金的耐腐蚀性能,在牺牲少量强度性能的前提下,提高合金的耐腐蚀性能。一般采用T7651状态,一级人工时效加热温度为120-135℃,保温时间为8-16小时,冷却方式为出炉空冷;然后再进行二级人工时效,加热温度为160-175℃,保温时间为2-6小时,冷却方式为出

炉空冷。采用T7651状态的7000系手机壳体铝合金,其剥落腐蚀等级可达到EA级以上甚至是PB级,满足合金耐腐蚀性能的要求。

4 结论和展望

生产制备高表面手机壳体用铝合金材料,应充分了解和熟悉手机壳体材料的使用性能要求,从合金种类选择、化学成分控制、合金组织调控及成熟工艺技术优化等方面,全盘综合考虑,在保证合金力学性能、耐腐蚀性能、深冲性能等基础上,特别关注合金材料的高表面性能,即合金材料具有很高的内部质量,材料组织致密、均匀,在CNC、阳极氧化后材料无花斑、色差、条纹、黑线等缺陷。

目前,手机壳体用材料市场变化很大,对高表面铝合金材料的各项性能提出了更高的要求。随着5G通信市场的逐步成熟,手机壳体铝合金不仅仅要求高表面和高强度,同时还要求高的热导率,以满足手机应用高速流量的使用要求,但高强度与高热导率是相对矛盾的对立的。研究挖掘已成功应用于手机壳体的铝合金材料的潜能,进一步优化合金成分和生产制备工艺,或研究开发全新的手机壳体铝合金材料,满足高表面、高强度、高热导率(大于180W/mK以上)的性能要求;也可研究开发高表面、高强度、高热导率的铸造铝合金,采用铝合金液态压铸成型,进一步提高生产效率,同时也进一步降低生产成本,可能是手机壳体用铝合金材料今后的研发方向。

为更好的服务手机壳体用铝合金材料应用市场,应优化完善高表面铝合金材料产业化生产技术规范,制定高表面铝材行业技术标准,逐步实现高表面铝材国家技术标准的制定。同时,应整合高表面铝材研发科研院所、高校、铝材生产企业、产品终端制成等机构技术资源,实现信息共享和技术开发无缝对接,建立和完善研发平台,以快速响应市场需求。

参考文献

[1] Kuijpers N, Vermolen F J, Vuik C, et al. The dependence of the beta-AlFeSi to

alpha-Al(FeMn)Si transformation kinetics in Al-Mg-Si alloys on the alloying elements[J]. Materials Science and Engineering: A. 2005, 394(1-2): 9-19.

[2] 陈秀琴, 扬扬, 徐志强. 6063 铝型材表面斑状缺陷综述[J]. 铝加工, 2001, 24(4): 33-34.

[3] 杜鹏, 李彦利, 闫晓东等. 高品质6061铝合金的均匀化工艺研究[J]. 热加工工艺, 2010, 39(14): 161-165.

[4] 张珊珊. Al-Mg-Si合金铸态组织及其铸锭均匀化处理研究[D]. 沈阳: 东北大学材料与冶金学院, 2011: 12-13.

[5] 王祝堂, 田荣璋主编. 铝合金及其加工手册[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2000.

[6] 杨长贺, 高钦. 有色金属净化[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1989.

[7] 彭学仕, 许桂清等. 影响铝及铝合金熔体氢含量的因

素[J]. 轻合金加工技术, 1986(7): 44-47.

[8] 李延军, 王彦俊, 陈立超等. 7005 铝合金过烧温度的研究[J]. 热处理技术与装备, 2013, 34(2): 11-14.

[9] 吴私, 王旭, 张国福. 7005合金均匀化工艺[J]. 有色金属工程, 2014, 4(1): 15-19.

[10] 冯展鹰, 赵仁祥. 7005铝合金热处理工艺研究[J]. 电子机械工程, 2006, 22(5): 46-48.

[11] 倪培相, 左秀荣, 李贞明. 微合金化元素对7005 铝合金铸态组织与性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2008, 29(3): 94-98.

[12] 王齐伟. 均匀化退火对7005铝合金组织及性能的影响[D]. 郑州大学, 2009.

作者简介: 余巨攀(1981-), 男, 东莞人, 主要从事变形铝合金挤压加工制造及铝合金产品深加工制造。