



中华人民共和国国家标准

GB/T 6611—XXXX

代替GB/T 6611-2008

钛及钛合金术语和图谱

Terminology and graphs for titanium and titanium alloys

(讨论稿)

XXXX- XX - XX 发布

XXXX - XX- XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发 布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 6611—2008《钛及钛合金术语和金相图谱》。与 GB/T 6611—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将钛及钛合金术语按基础术语、未压力加工产品、压力加工产品、熔炼方法、加工方法、热处理、金相组织、外观质量等8类术语进行分类规定；
- b) 修改碘法钛、工业纯钛的术语（见3.1）；
- c) 增加未压力加工产品术语：未压力加工产品、一次电极、重熔电极、铸锭、再生钛及钛合金铸锭、铸件等（见3.2）；
- d) 增加压力加工产品术语：棒材、线材、管材、型材、板材、厚板、薄板、带材、箔材、锻件等（见3.3）；
- e) 增加熔炼方法术语：真空自耗电弧炉熔炼、冷床炉熔炼（见3.4）；
- f) 增加加工方法术语：热加工、冷加工、加工硬化、锻造、轧制、挤压等（见3.5）；
- g) 增加热处理术语：状态、光亮退火（见3.6）；
- h) 增加外观质量的术语：气泡、起皮、划伤、碰伤、擦伤、模痕、扭拧、弯曲、波浪、硬弯、麻面、金属压入、非金属压入、表面腐蚀、压坑、裂纹、矫直痕、停车痕、跳环、油斑、灰道、夹杂、缩尾、折叠、桔皮等（3.8）；
- i) 增加部分术语的图谱。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）归口。

本文件起草单位：宝鸡钛业股份有限公司、宝钛集团有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司。

本文件主要起草人：XXX。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——本文件于1986年首次发布，2008年第一次修订。本次为第二次修订。

钛及钛合金术语和图谱

1 范围

本文件规定了钛及钛合金术语，并提供了部分术语图谱。
本文件适用于钛及钛合金。
本文件不适用于钛及钛合金产品的验收。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

3.1 基础术语

3.1.1

合金 alloy

由基体金属元素和添加元素及杂质所组成的金属物质。

3.1.2

基体金属元素 basic metallic element

合金中含量占支配地位的金属元素。

3.1.3

合金元素 alloying element

为了获得具有特定性能的合金，加入或保留在基体金属中的金属或非金属元素。

3.1.4

杂质 impurity

金属中存在的，并非有意加入或保留的金属或非金属元素。

3.1.5

变形合金 wrought alloy

主要用于塑性变形制造加工产品的合金。

3.1.6

铸造合金 casting alloy

主要用生产铸件的合金。

3.1.7

中间合金 master alloy

只作为加入料用以调节成分或控制杂质的合金。

3.1.8

可热处理合金 heat-treatable alloy

可用适当的热处理方法强化的合金。

3.1.9

不可热处理合金 non-heat-treatable alloy
不能用热处理方法明显强化的合金。

3.1.10

海绵钛 titanium sponge
用镁或钠还原四氯化钛获得的非致密金属钛。

3.1.11

碘法钛 iodide-process titanium
用碘作载体从海绵钛提纯得到的纯度较高的致密金属钛。钛含量的质量分数可达99.9%。

3.1.12

工业纯钛 commercial titanium
以钛为基体，并含有少量铁、碳、氧、氮与氢等杂质的致密金属。钛含量的质量分数可达99%。

3.1.13

钛合金 titanium alloy
以钛为基体金属含有其他合金元素及杂质的合金。

3.1.14

α 钛合金 α titanium alloy
含有 α 稳定元素，在室温稳定状态基本为 α 相的钛合金。

3.1.15

近 α 钛合金 near α titanium alloy
以 α 相为基体，仅含有少量 β 相的钛合金。在室温稳定状态 β 相含量一般小于10%的钛合金。

3.1.16

α - β 钛合金 α - β titanium alloy
在室温稳定状态由 α 及 β 相所组成的钛合金。 β 相含量一般为10~50%。如TC4、TC11等。

3.1.17

β 钛合金 β titanium alloy
含有足够多的 β 稳定元素，在适当冷却速度下能使其室温组织绝大部分为 β 相的钛合金。如TB5、TB6等。

3.2 未压力加工产品

3.2.1

未压力加工产品 unwrought product
经熔炼或铸造所获得的产品。

3.2.2

一次电极 Primary electrode
融化用原料。

3.2.3

重熔电极 Electrode for remelting
至少融化一次的电极。

3.2.4

铸锭 ingot

熔炼成型，用于后续热加工的熔炼产品。

3.2.5

再生钛及钛合金铸锭 recycling titanium and titanium alloy ingots

完全或部分采用回收钛原料熔炼成型的钛及钛合金铸锭。

3.2.6

铸件 casting

在一个模型（或模具）中结晶，凝固成型的产品。

3.3 压力加工产品

3.3.1

棒材 rod/bar

沿整个长度横截面均匀的实心加工产品，以直条供货。

3.3.2

线材 wire

沿其整个长度横截面均匀的实心加工产品，以成卷供货。

3.3.3

管材 tube

沿其整个长度方向横截面均匀且只有一个封闭的空腔，并且壁厚均匀的空心加工产品，以直条或成卷供货。

3.3.4

型材 profile

横截面不同于棒材、线材、管材、板材、或带材，沿整个长度横截面均匀的加工产品，以直条或成卷供货。

3.3.5

板材 sheet and plate

横截面为矩形，厚度均一并且大于0.10mm的轧制产品。以平直状供货，厚度不超过宽度的十分之一。

3.3.6

厚板 plate

厚度大于5mm的板材。

3.3.7

薄板 sheet

厚度大于0.10mm且不大于5mm的板材。

3.3.8

带材 strip

横截面为矩形，厚度均一并且最小为0.10mm的轧制产品，以成卷供货，厚度不超过宽度的十分之一。

3.3.9

箔材 foil

横截面为矩形，厚度均一并且小于0.10mm的轧制产品，以成卷供货。

3.3.10

锻件 *forging*

通过锤锻或压锻而成的加工产品，通常以热加工的方式在开模(自由锻)或闭模(模锻)里进行。

3.4 熔炼方法

3.4.1

真空自耗电弧炉熔炼 *vacuum arc remelting*

用电弧在真空下逐步熔化电极的精炼过程。

3.4.2

冷床炉熔炼 *Cold hearth Melting*

采用等离子弧或电子束为热源，在铜质水冷炉床中融化的精炼过程。

3.5 加工方法

3.5.1

热加工 *hot working*

在高于再结晶温度以上的条件下发生塑性变形的过程。

3.5.2

冷加工 *cold working*

在低于再结晶温度以下的条件下发生塑性变形的过程。

3.5.3

加工硬化 *strain hardening*

通过冷加工，改变了金属或合金的组织结构，使其强度或硬度升高，而塑性有所下降的处理。

3.5.4

锻造 *forging*

利用锻压机械对金属坯料施加压力，使其产生塑性变形的加工方法。

3.5.5

轧制 *roll*

通过轧机对金属坯料进行辗轧，使其产生塑性变形的加工方法。

3.5.6

挤压 *extruding*

利用冲头或凸模对凹模中的坯料施加压力，使其产生塑性变形的加工方法。

3.6 热处理

3.6.1

状态 *temper*

金属或合金通过某些生产工序(如压力加工和(或)热处理)，产生了特有的物理和(或)力学性能之后所给与的命名。

3.6.2

消除应力退火 *stress relieving*

使产品残余应力减少又不引起组织再结晶的热处理。

3.6.3

退火 annealing

通过消除加工引起的应变硬化、再结晶或析出物聚集，使金属软化的热处理。

3.6.4

再结晶退火 recrystallization annealing

加热到再结晶温度以上的退火，依靠再结晶消除加工硬化或调节组织。

3.6.5

β 退火 β annealing

合金在 β 转变点以上适当温度进行的退火。

3.6.6

等温退火 isothermal annealing

为了稳定合金组织的一种热处理。在 β 转变点以下某一温度加热，随炉冷或转炉冷到规定的温度，并在该温度下保温一定时间，然后空冷到室温。

3.6.7

双重退火 duplex annealing

分两阶段加热，每次都进行空冷的热处理，第一阶段空冷时使亚稳定相保留下来，而第二阶段保温时亚稳定相发生分解。

3.6.8

光亮退火 bright annealing

在受控气氛下进行热处理，以防止退火过程中的结垢或氧化。

3.6.9

固溶热处理 solution heat treating

将合金加热到适当温度，并在这一温度保持足够时间使可溶组分完全溶入固溶体，在淬火以后能保持一种不稳定状态的热处理。

3.6.10

淬火 quenching

将加热的合金与冷却介质接触，从一定温度以足够快的速度冷却，使可溶组分部分或全部保留在固溶体中的过程。

3.6.11

时效 aging

经固溶处理后在适当温度保持足够时间，使其从不稳定固溶体中析出第二相而引起强化的热处理。

3.7 金相组织

3.7.1

α 稳定元素 α stabilizer

优先溶解于 α 相并升高 β 转变温度的合金元素。铝是最通用的 α 稳定元素。间隙元素如氧和氮等也是有效的 α 稳定元素。

3.7.2

β 同晶稳定元素 β isomorphous stabilizer

优先溶解于 β 相，降低 β 转变温度而不产生共析反应，并与 β 钛形成连续固溶体的合金元素。一般应用的 β 同晶型元素有钒和钼。

3.7.3

β 共析稳定元素 β eutectoid stabilizer

优先溶解于 β 相，降低 β 转变温度并引起共析反应的合金元素。对有些合金这一反应进行得很慢。通用的 β 共析型合金元素有铁、铬和锰。

3.7.4

置换元素 substitutional element

原子尺寸及其他性质近似于钛，能置换或代替晶格上的钛原子，并在相图上形成明显固溶体区的合金元素。用于钛合金的元素主要包括铝、钒、钼、铬、铁、锡和锆等。

3.7.5

间隙元素 interstitial element

原子半径比较小，溶于钛后位于钛晶格的空隙位置的元素。通常指氧、氮、氢和碳。

3.7.6

α 转变点 α transus

标志 α 和 $\alpha-\beta$ 相区之间的相界温度。

3.7.7

β 转变点 β transus

平衡 α 相存在的最高温度。

3.7.8

M_s

冷却过程中 β 相开始转变为马氏体相的最高温度。

3.7.9

M_f

马氏体转变终止温度。

3.7.10

有序结构 ordered structure

溶质原子在溶剂晶格上呈有序的或周期性的排列。

3.7.11

无序 α orientation α

一种不均匀的 α 组织，由集束或以不同的角度存在的片状或蠕虫状 α 区域形成的，无显著的结晶学取向，如不同的区域显示不同的形貌比例和晶粒外形。

3.7.12

原始 β 晶粒 prior β grain

最近一次进入到 β 相区时形成的 β 晶粒。这些晶粒可能被以后在 β 转变点以下的加工所变形。 $\alpha-\beta$ 显微组织可以叠加在 β 晶粒边界上面，并使其变模糊。只有用特殊技术才能显示。见图1。

3.7.13

$\alpha+\beta$ 组织 $\alpha+\beta$ structure

在特定温度下，以 α 和 β 为主要相的组织。由 α 、转变 β 和残留 β 相组成。典型组织形貌见图2。

3.7.14

集束 colonies

在原始 β 晶粒内， α 片取向几乎相同的区域。在工业纯钛中集束常常具有锯齿形边界。集束是从 β 相区以引起 α 相成核长大的速度冷却下来形成的转变产物。典型组织形貌见图3。

3.7.15

转变 β transformed β

局部或连续的组织，从 β 转变点以上或 α - β 相区较高温冷却过程中由马氏体或经形核和长大过程分解形成的产物。通常由片状的 α - β 组成。片状 α 可能被 β 相隔离，可能并存初生 α 相。典型组织形貌见图4。

3.7.16

魏氏组织 widmanstatten structure

从 β 转变点以上以不太快的速度冷却形成的一种原始 β 晶界完整， β 晶粒内为 α 小片或 α - β 小片组成的组织。一般都存在粗大集束，长而平直，并具有较大的纵横比。典型组织形貌见图5。

3.7.17

等轴组织 equiaxed structure

一种多角的或类似球形的显微组织，各个方向具有大致相等的尺寸。在 α - β 合金中主要是指横向组织中大部分 α 相呈球形。典型组织形貌见图6。

3.7.18

孪晶 twin

有一定结晶关系的一个晶体的两部分。孪晶的方向或者是“孪生平面”的母体方向的一个镜像，或按一部分孪晶“孪生轴”旋转得到的方向。典型组织形貌见图7。

3.7.19

双套组织 two-suit structure

在组织结构上明显表现为两种大小不同尺寸的等轴。典型组织形貌见图8。

3.7.20

双态组织 bi-modal structure

一种既存在等轴初生 α ，又存在片状 α 的显微组织。对于 α 或 α - β 合金，当在 α - β 区上部温度以一定速度冷却，或在两相区上部温度进行变形，可形成这种显微组织。典型组织形貌见图9。

3.7.21

基体 matrix

在两相或更多相的显微组织中，连续的或占优势的相形成的组分。典型组织形貌见图10、图11。

3.7.22

 α 相 α phase

钛的一种同素异晶体，具有密排六方晶体结构，出现在 β 转变点以下。典型组织形貌见图12和图13。

3.7.23

针状 α acicular α

从 β 相冷却时成核长大或马氏体分解形成的 α 相。其典型的长宽比为10:1。在显微照片上，针状 α 多半呈现针状形貌，而在三维空间则可呈现针状、凸透镜状或扁平状形貌。典型组织形貌见图14。

3.7.24

球状 α globular α

球形的等轴 α ，见5.17“等轴组织”。典型组织形貌见图15。

3.7.25

片状 α 组织 platelet α structure

与针状 α 相比，长宽比较小的 α 组织。这种显微组织是 α 或 α - β 合金从具有较高 β 相的温度区间加工并以中等速度冷却形成的。典型组织形貌见图16。

3.7.26

片状 α platelet α

呈片状排列的 α 相，在魏氏组织中经常以集束或畴的形式出现。 α 片间也可能有 β 相。典型组织形貌见图16。

3.7.27

初生 α primary α

从最后的 α - β 相区上部加热保留下来的 α 相。典型组织形貌见图17。

3.7.28

次生 α secondary α

在 α - β 相区加热，冷却过程中 β 相分解产生的 α 相。典型组织形貌见图18。

3.7.29

拉长的 α elongated α

在单向加工时形成的条状 α ，一般长宽比大于3:1。典型组织形貌见图19。

3.7.30

晶界 α grain boundary α

存在于原始 β 晶界上的初生 α 或转变 α 相。可能是连续的，或不连续，也可能伴有大块 α 。通常是从 β 相区缓冷到 α - β 相区而形成的。典型组织形貌见图20。

3.7.31

大块 α blocky α

比初生 α 显著粗大，并且更多角化的 α 相。是由单向加工引起的。可通过 β 再结晶或采用全 β 加工再进行 α + β 加工予以消除。它与周围正常组织相比显微硬度没有明显差别。典型组织形貌见图21。

3.7.32

纤维状 α stringy α

经无方向性的金属加工，拉长和扭曲的小板条 α ，但未破碎或再结晶。也称为“蠕虫 α ”。

3.7.33

马氏体 martensite

从 β 相以很快的速度冷却，以非扩散转变形成的 α 产物，含有过饱和的 β 稳定元素，亦称马氏体 α 。典型组织形貌见图22。

3.7.34

α' (六方马氏体) α prime (hexagonal martensite)

β 相以非扩散转变形成的过饱和非平衡六方晶格 α 相。常常与针状 α 难以区分。区分的特征是马氏体片截止在原始 β 晶界而针状 α 常在这些晶粒边界成核。长宽比为10:1或更大。

3.7.35

α'' (斜方马氏体) α - double prime (orthorhombic martensite)

在一些合金中由 β 相以非扩散转变形成的过饱和非平衡斜方相。也可能由加工应变引起,可以用适当的中间退火来消除。

3.7.36

$\alpha 2$ 组织 $\alpha 2$ structure

由有序 α 相如 $Ti_3(Al, Sn)$ 等组成的组织,可采用X射线衍射或电子衍射测定。出现在 α 稳定元素含量高的合金中。

3.7.37

β 相 β phase

钛的一种同素异晶体,具有体心立方晶体结构。出现在 α 转变点以上。

3.7.38

晶间 β intergranular β

位于 α 晶粒间的 β 相,在 β 稳定元素低的合金中,在等轴 α 组织的情况下产生,常以小岛状存在。典型组织形貌见图23。

3.7.39

亚稳定 β metastable β

一种非平衡的 β 相,在随后的处理及使用中由于热或应变能的激发可部分的或全部地转变成马氏体、 α 或共析分解产物。典型组织形貌见图24。

3.7.40

时效 β aged β

时效时形成的特别细小的 α 沉淀在 β 基体上。

3.7.41

中间相 intermediate Phase

一种可区别的同类相,其成分与相邻相互不扩散,如 TiH 和 TiO 。

3.7.42

结构 structure

一种有序的钛铝化合物,其化学计量比为 $TiAl$,是面心立方晶体结构。

3.7.43

相 phase

通过成核长大形成的一种非平衡亚显微相,一般认为它是从 β 相析出 α 相时的过渡相,淬火或等温形成的,出现在亚稳定 β 合金及富 β 含量的 $\alpha-\beta$ 合金中,并严重引起脆性。淬火 ω 形成时成分不发生变化。等温 ω 通常是在 $200 \sim 500^\circ\text{C}$ 时效时保留的 β 相形成的。典型组织形貌见图25。

3.7.44

氢化物相 hydride phase

当钛中氢含量超过其溶解度时形成的 TiH_x 相,一般是由于处在特殊环境下造成的。典型组织形貌见图26。

3.7.45

β 斑 β fleck

在 $\alpha-\beta$ 显微组织中转变的贫 α 和/或富 β 相区。这一富 β 相区具有比周围区域较低的 β 转变点。 β 斑中 α 相的含量较少,它的初生 α 形貌可能与周围组织中的初生 α 形貌不同。典型组织形貌见图27。

3.7.46

金属间化合物 intermetallic compound

通常在合金系中以一定的原子比出现、固溶范围很窄的相，一般是脆性。如(TiZr)5Si3等。典型组织形貌见图28。

3.7.47 **α 层 α case**

富集氧、氮及碳的 α 稳定表面层，通常是在高温下暴露于空气中形成的。 α 层通常硬而脆，认为是有害的。典型组织形貌见图29。

3.7.48**高间隙缺陷(HID) high interstitial defect(HID)**

由局部很高的氧、氮及碳等间隙元素富集而引起的 α 稳定区，其硬度显著高于附近的区域。这些间隙元素提高 β 转变点，并产生高的硬度，通常使 α 相变脆。此种缺陷通常称为I型缺陷或低密度缺陷(LDI)，这些缺陷通常与孔洞和裂纹有关。典型组织形貌见图30。

3.7.49**高铝缺陷(HAD) high alumium defect(HAD)**

铝含量异常高的 α 稳定区，含有大量的初生 α 相，其显微硬度稍高于附近的区域。也称为II型缺陷的。当这种 α 被拉长时则称做“带状 α ”。典型组织形貌见图31。

3.7.50**贫 β 区 β -lean region**

在 α - β 显微组织中 β 稳定元素异常低的区域，含有大量的初生 α 相，其显微硬度与附近区域无明显差别。典型组织形貌见图32。

3.7.51**网篮组织 basketweave**

β 区加热经较大的 β 区变形、在 $\alpha + \beta$ 区终止变形后得到的组织，变形量达50%或更大，原始 β 晶界得到基本破碎， α 片或 $\alpha + \beta$ 小片短而歪扭，并具有较小的纵横比，且各 α 集束交错排列。典型组织形貌见图33。

3.7.52**蠕虫 α wormy α :**

见3.6.32“纤维状 α ”。

3.7.53**高密度夹杂 high density inclusion (HDI)**

比基体密度高的夹杂物，通常指钨或铌元素集中的区域。通过x射线很容易发现，而且比基体亮度高。典型组织形貌见图34。

3.8 外观缺陷**3.8.1****气泡 blister**

产品表面出现的连续或非连续凸起泡状空腔。

3.8.2**起皮 peeling**

附着在产品表面上的薄层，有局部剥落现象。

3.8.3

划伤 scratch

尖锐物品（如设备上的尖锐物、金属屑等）与产品表面接触，因相对滑动形成单条状分布的痕迹。

3.8.4

碰伤 bruise

产品和其他制品或器具接触或碰撞而产生的表面损伤。

3.8.5

擦伤 rub mark

产品表面与其他物体的棱或面接触后发生相对滑动或错动而在产品表面造成的成束（或组）分布的痕迹。

3.8.6

模痕 die line

由于模具工作带不光滑，导致产品表面纵向凹凸不平的痕迹。

3.8.7

扭拧 twist

产品横截面沿纵轴发生扭转的现象。

3.8.8

弯曲 bow

产品呈现弧型或刀型不平直的现象。

3.8.9

波浪 corrugation

产品因不均匀变形形成表面不平整的现象。

3.8.10

硬弯 hook

产品上局部曲率半径很小的弯曲。

3.8.11

麻面 pickups

产品表面呈现连续麻点的现象。

3.8.12

金属压入 press-in metal

金属屑或金属碎片压入产品表面的现象。

3.8.13

非金属压入 press-in nonmetal

产品表面存在非金属异物压入的现象，异物刮掉后产品表面呈现大小不等的凹陷。

3.8.14

表面腐蚀 surface corrosion

产品表面与外界介质发生化学或电化学反应后在表面产生局部破坏的现象。被腐蚀产品表面失去金属光泽，严重时在表面产生灰白色的腐蚀产物。

3.8.15

压坑 indentation

压入产品的异物脱落后形成的凹陷。

3.8.16

裂纹 crack

由于应力作用而产生的不规则的裂缝。

3.8.17

矫直痕 reeling mark

产品在辊矫时产生的螺旋状条纹。

3.8.18

停车痕 stop mark

在产品表面产生的垂直于挤压方向的带状痕迹。

3.8.19

跳环 ring bulge

产品表面在拉拔过程中产生的规律性的环状凸起。

3.8.20

油斑 oil stain

残留在产品表面上的油污，经退火后形成的淡黄色、棕色、黄褐色斑痕。

3.8.21

灰道 stringer (grey stripe)

由于模具损坏、润滑油有砂子等原因造成产品沿纵向表面呈现灰色条状的痕迹。

3.8.22

夹杂 inclusion

因铸坯夹渣，造成产品表面或内部残留异物的现象。

3.8.23

缩尾 back end condition

当坯料通过凹模挤压或径向锻造成棒料时，在棒料尾端产生的凹心或喇叭状空穴。

3.8.24

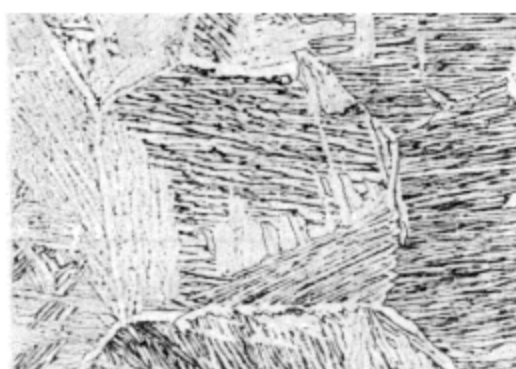
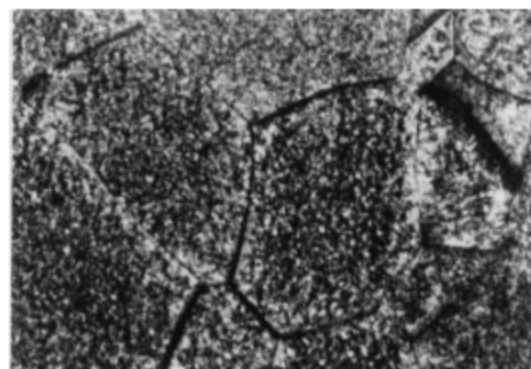
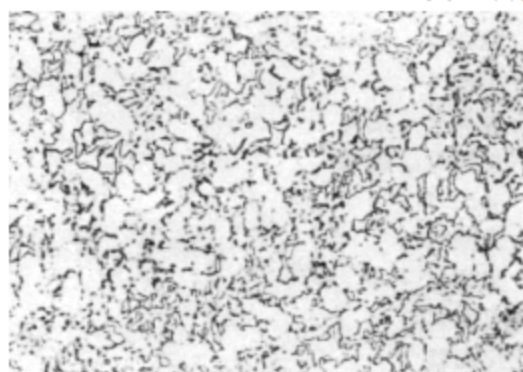
折叠 overlap

塑形加工时将坯料已氧化的表层金属汇流贴合在一起压入工件而造成的缺陷。

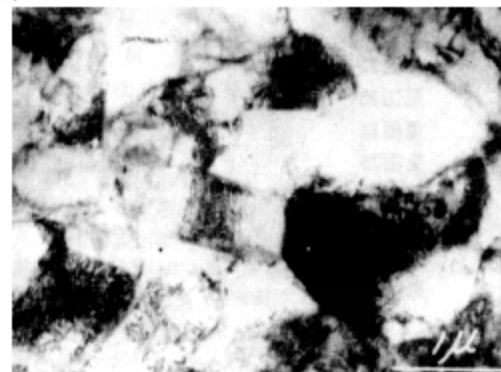
3.8.25

桔皮 orange peel

产品表面出现的类似桔子外表面形状的皱褶。

(a) 原始 β 晶粒 TC4(b) 有弥散析出的 β 晶粒 TB2图 1 原始 β 晶粒 100 $\times$ 

(a)

500 $\times$ 

(b)

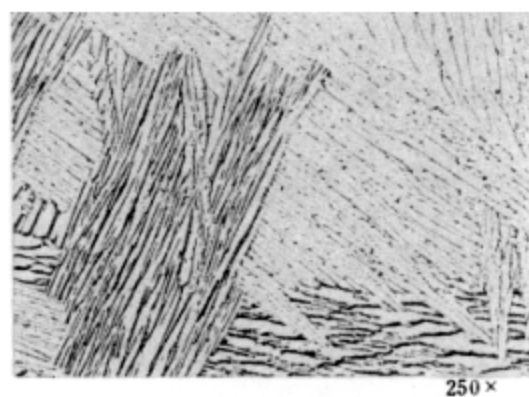
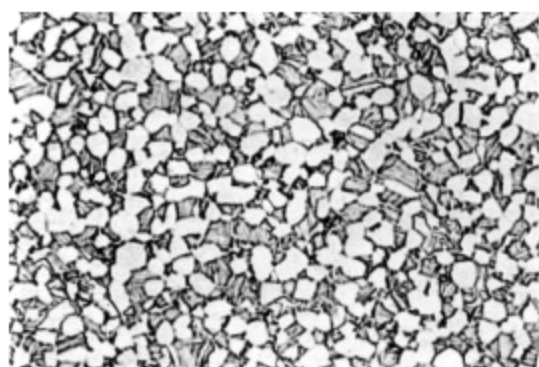
图 2 α - β 组织 TC4250 $\times$

图 3 集束 TC4



500×

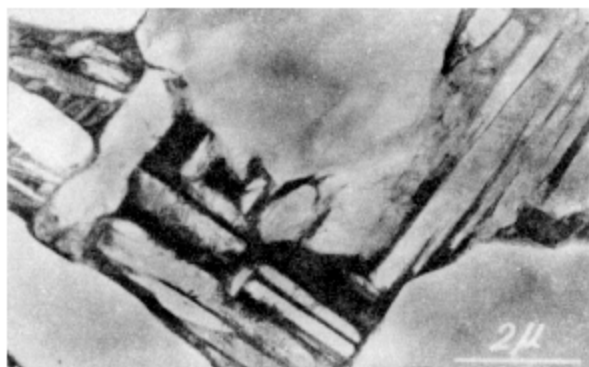
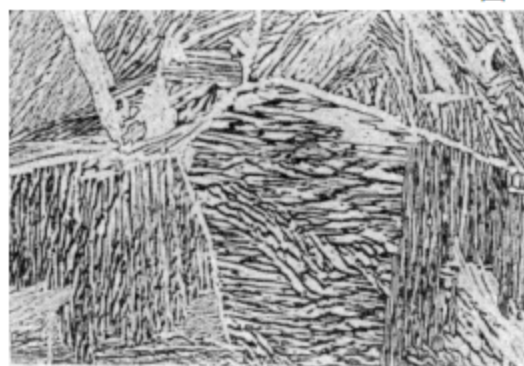
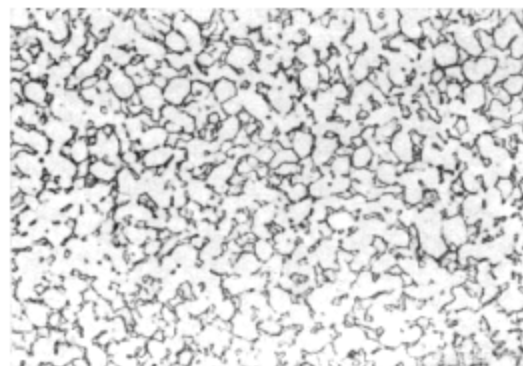


图4 转变 β TC4



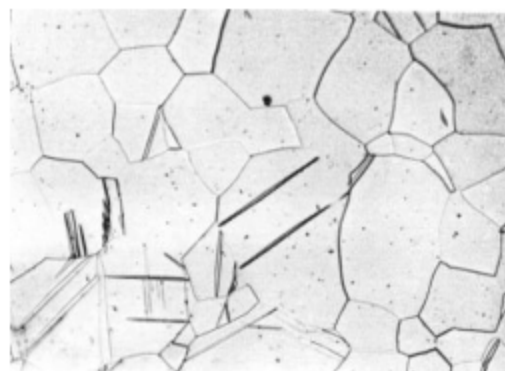
100×

图5 魏氏组织 TC4



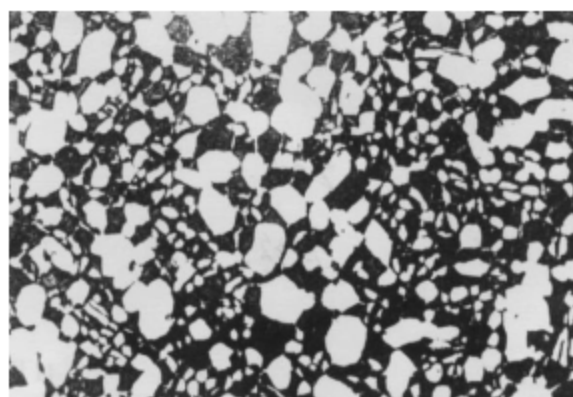
500×

图6 等轴组织 TC4



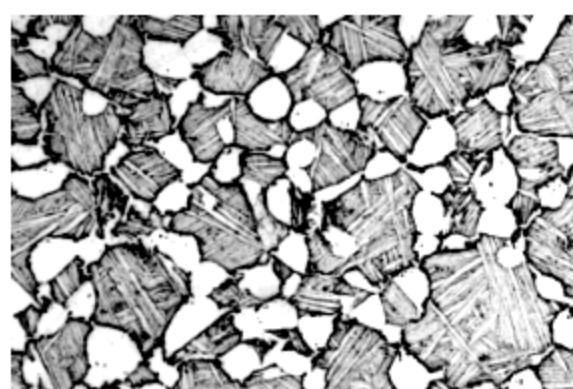
250×

图7 孪晶 TA2



250×

图8 双套组织 TC11

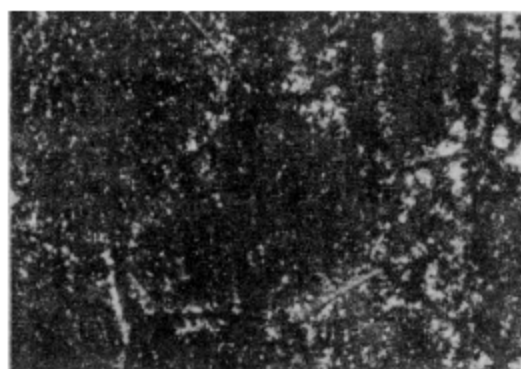


TC11 250×

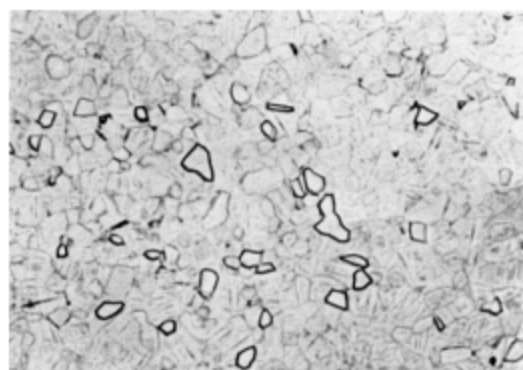


TA15 500×

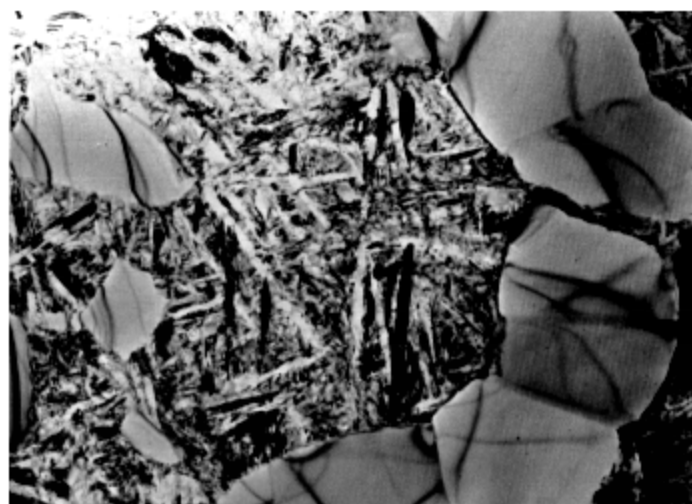
图9 双态组织

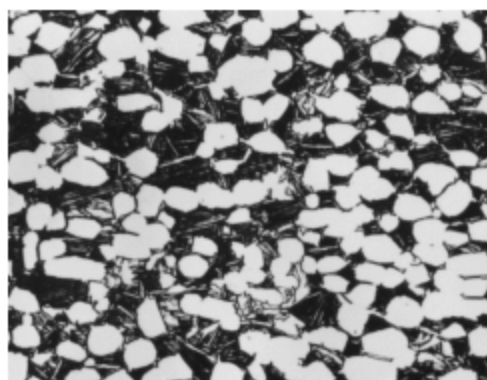


TB2 500×

图10 基体 (β 基体)

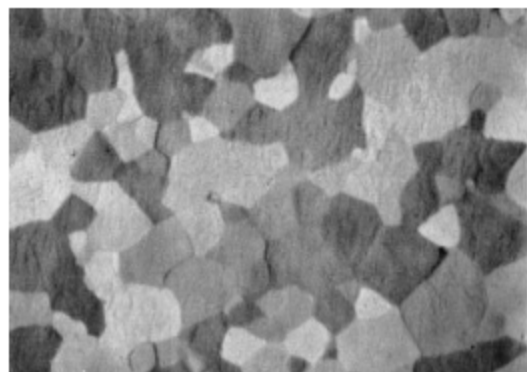
TC4 500×

图11 (a) α + 基体 (转变 β 基体)图11 (b) α + 基体 (转变 β 基体) 5000× TC4



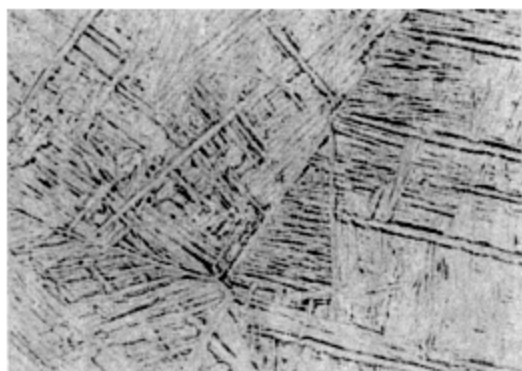
TC11 250×

图 12 等轴 α



TA7 320×金相偏光

图 13 α



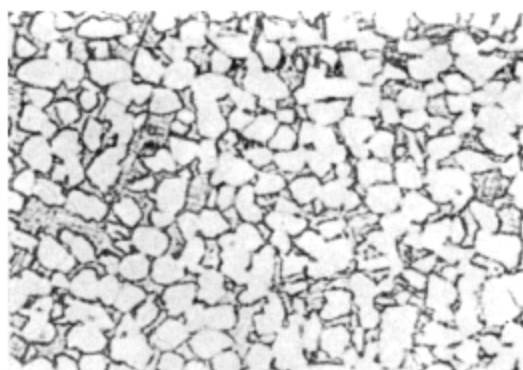
(a)

500×



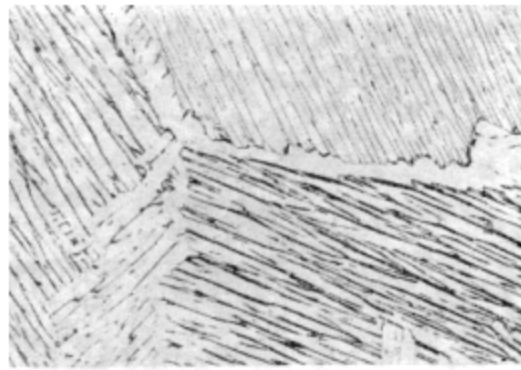
(b)

图 14 针状 α TC4



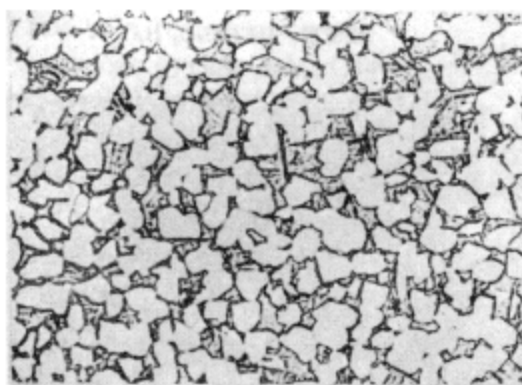
500×

图 15 球状 α TC4



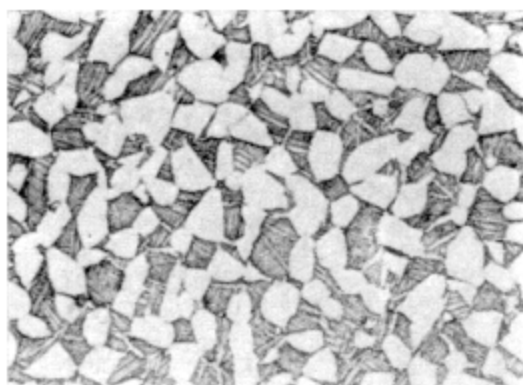
250×

图 16 片状 α TC4



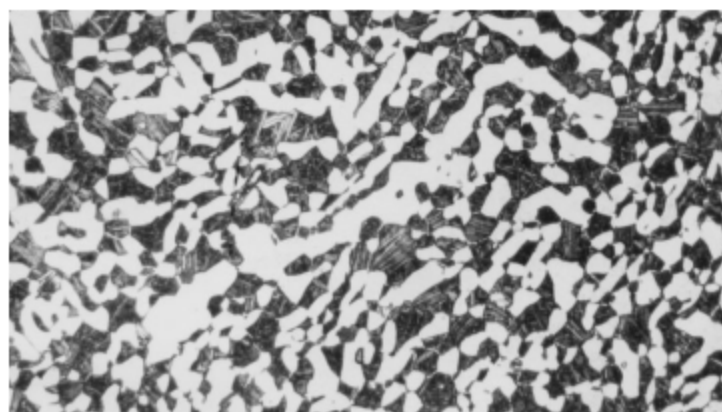
500×

图 17 初生 α TC4



1 000×

图 18 初生 α + 次生 α TC11



TC11 500×

图 19 拉长 α



100×

图 20 晶界 α TC4

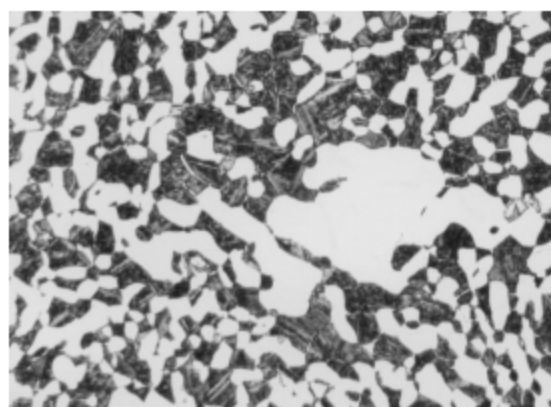
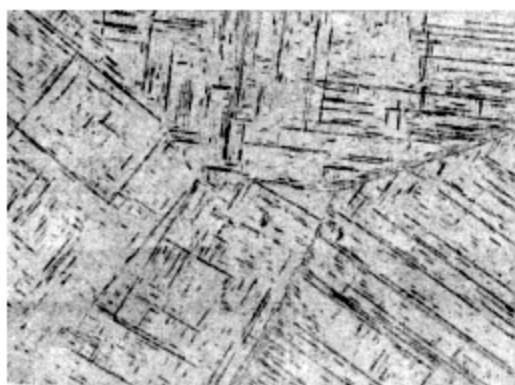


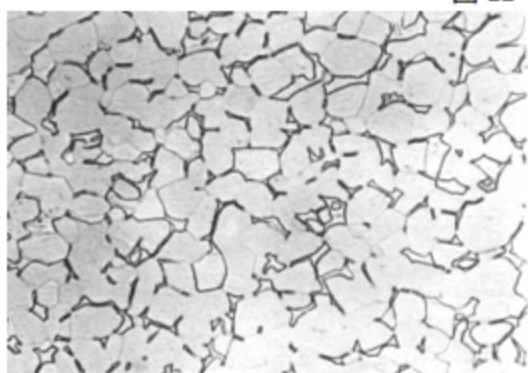
图 21 大块 α TC11 500×



250×



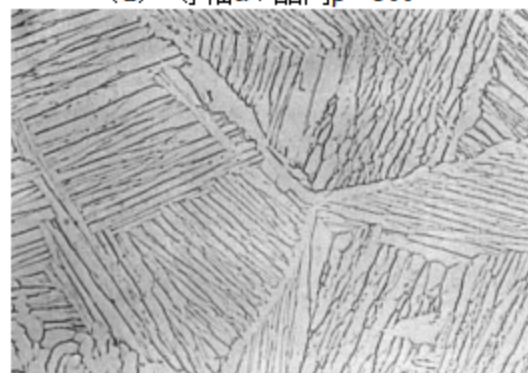
图 22 马氏体 TC4



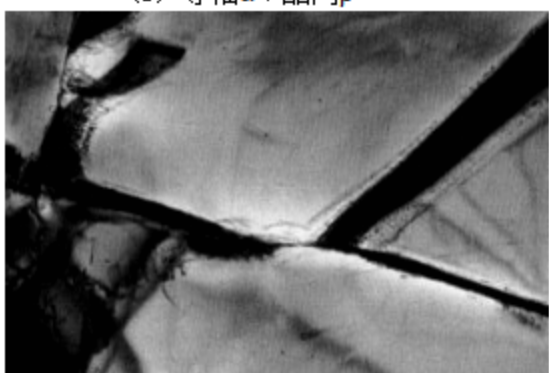
(a) 等轴 α +晶间 β 500×



(b) 等轴 α +晶间 β



(c) 片状 α +晶间 β 250×



(d) 片状 α +晶间 β 5000×

图 23 晶间 β TC4

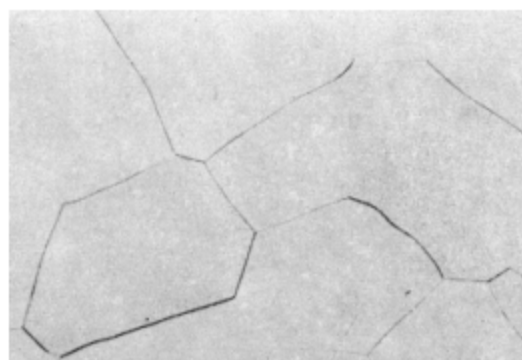
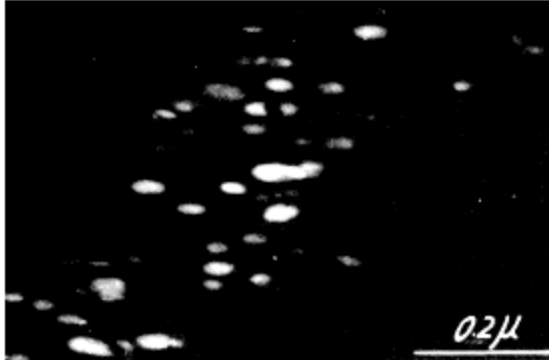


图 24 亚稳定 β TB2 2000×



Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn

图 25 ω

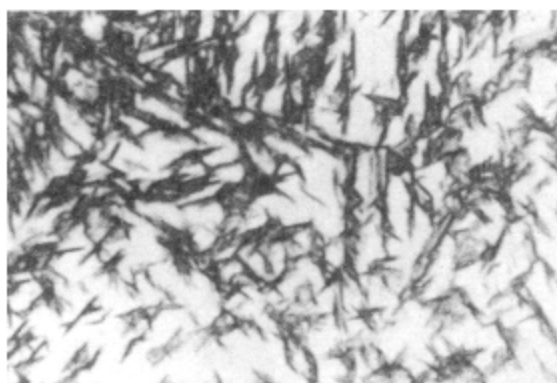


图 26 氢化物相 ZrC4 1000×

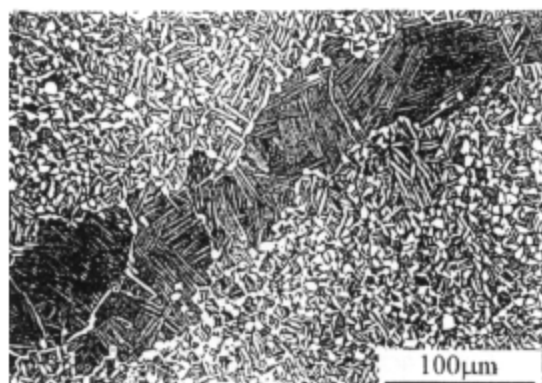
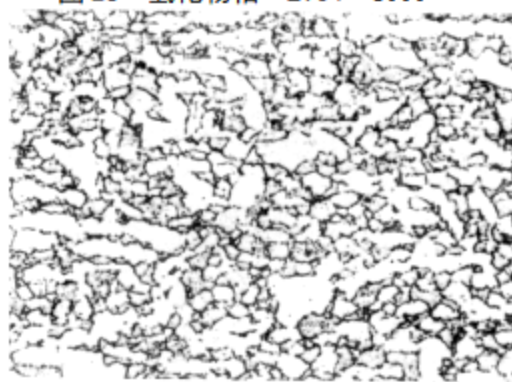


图 27 β 斑 TC11



(a) 500 ×
图 28 金属间化合物 $[(TiZr)_5Si_3]$ Ti-11Sn-5Zr-2.2Al-1Mo-0.22Si (b)

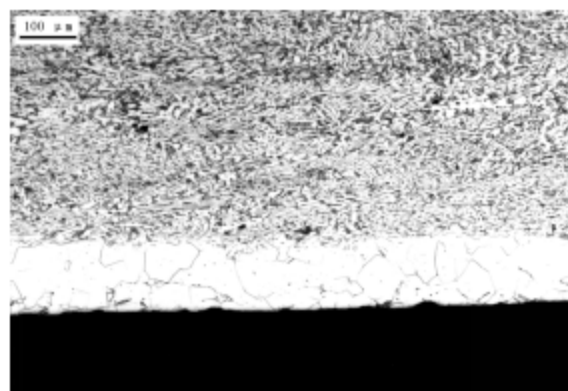
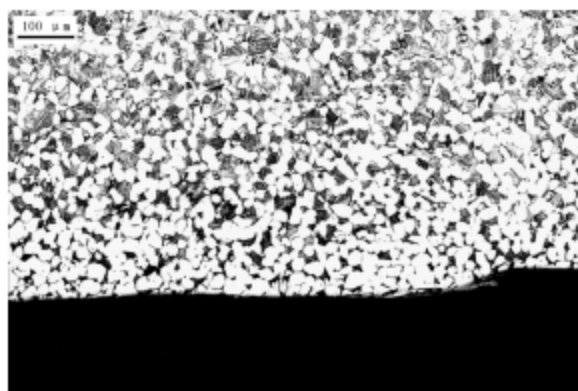


图 29 α 层 TC4



图 30 高间隙缺陷 TC4
(TC4 正常区 Hv=300; 偏析区 Hv=493) 200×

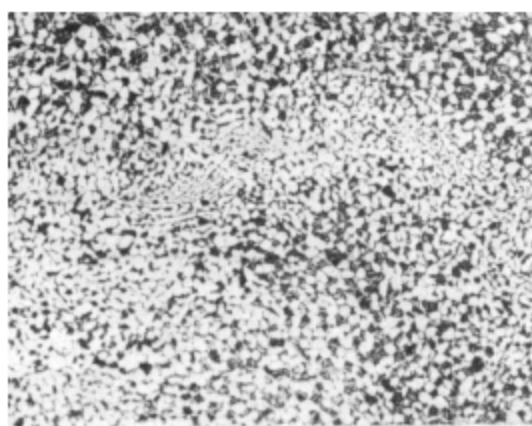
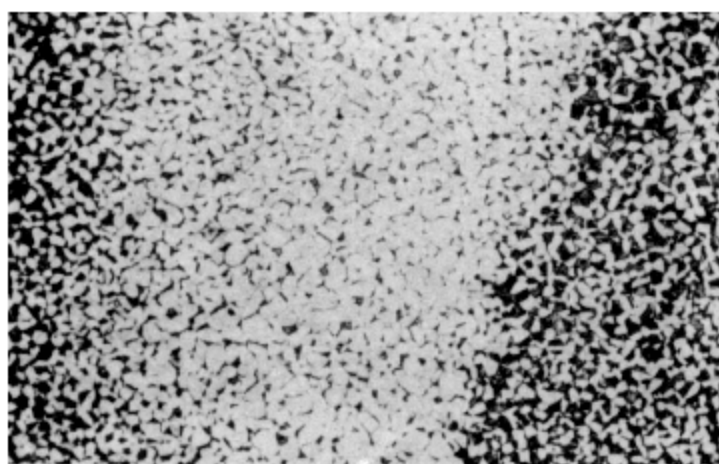


图 31 高铝缺陷 TC11 80×



200×

图 32 贫 β 区 TC9

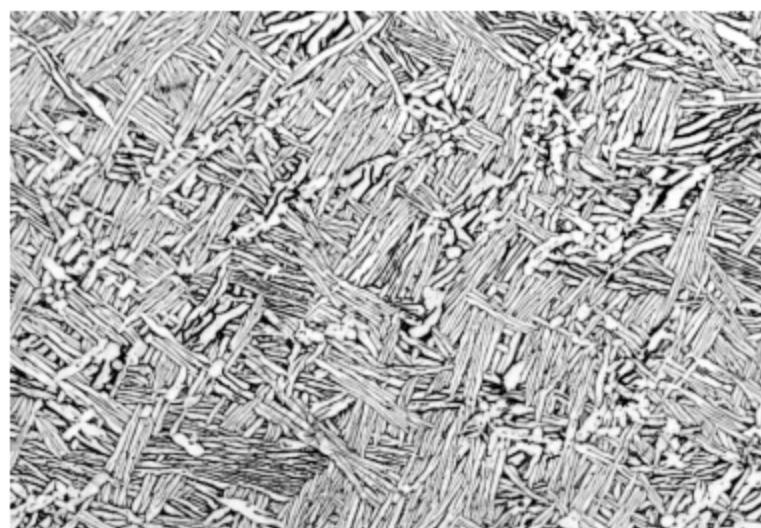


图 33 篮筐组织 TC4 500×

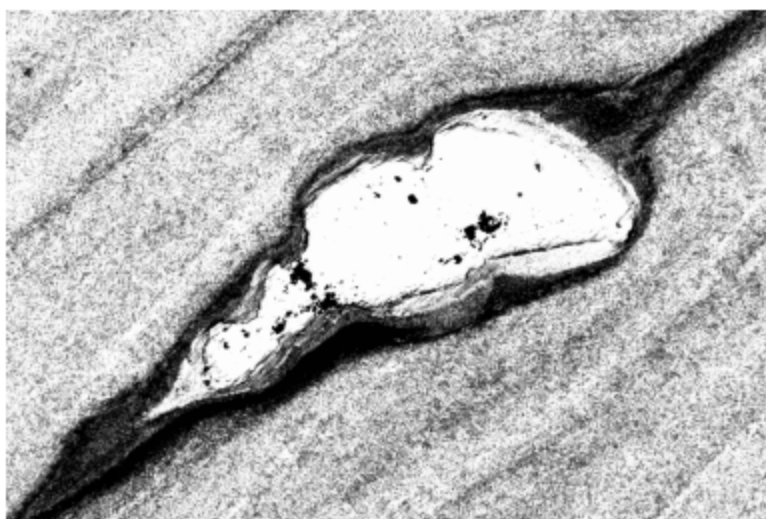


图 34 高密度夹杂 TC2 50×

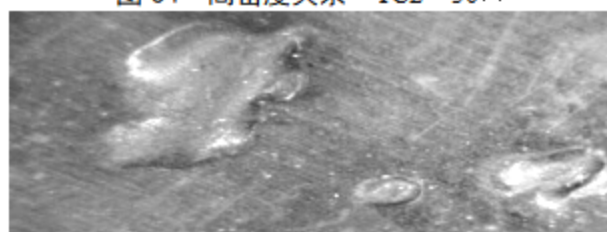


图 35 气泡

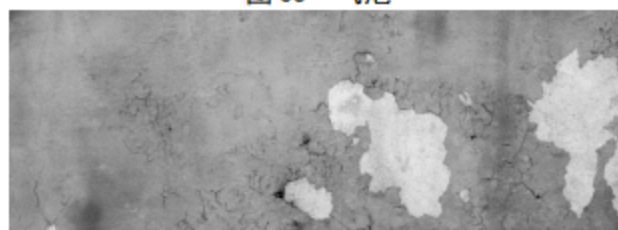


图 36 起皮

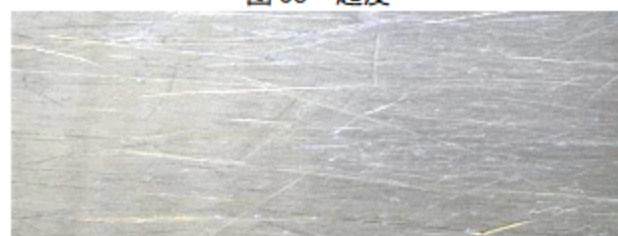


图 37 划伤



图 38 磕碰伤



图 39 擦伤

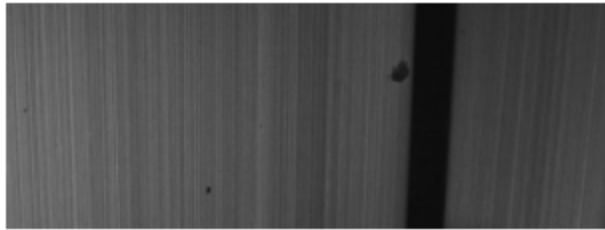


图 40 模痕

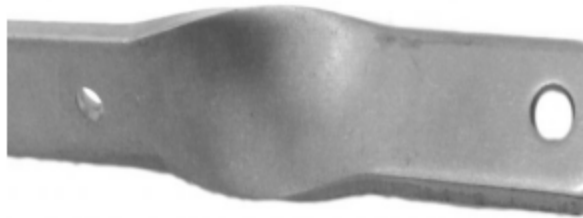


图 41 扭拧



图 42 弯曲

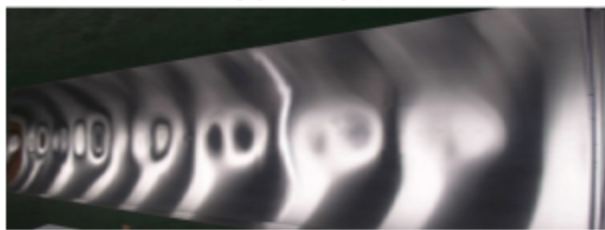


图 43 波浪



图 44 硬弯



图 45 麻面

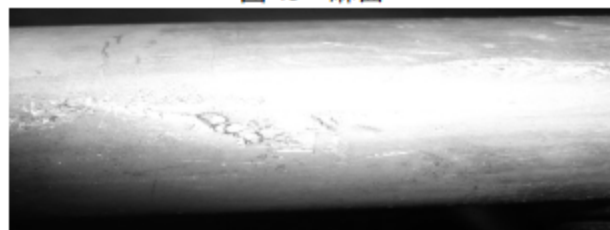


图 46 金属压入

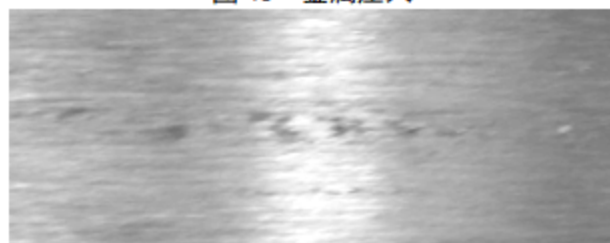


图 47 非金属压入

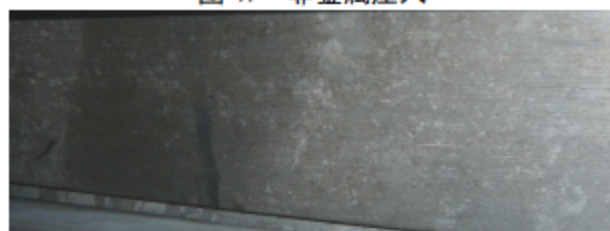


图 48 表面腐蚀

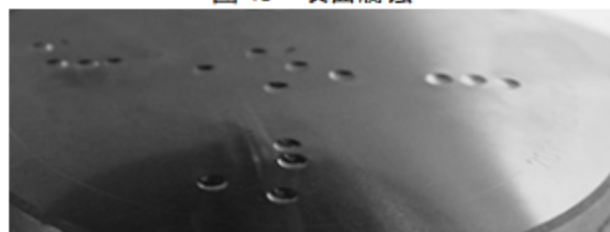


图 49 压坑

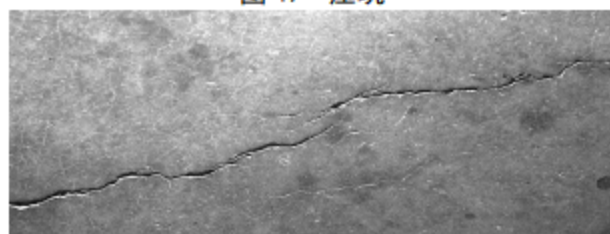


图 50 裂纹

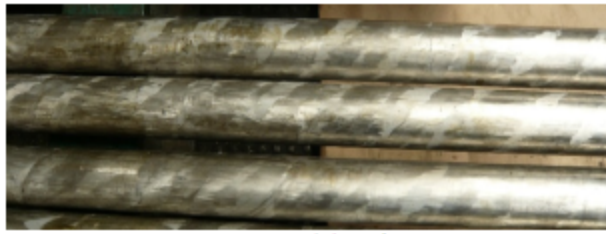


图 51 矫直痕

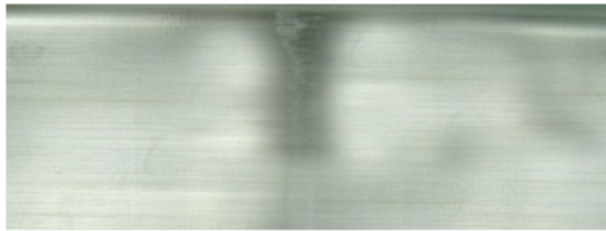


图 52 停车痕

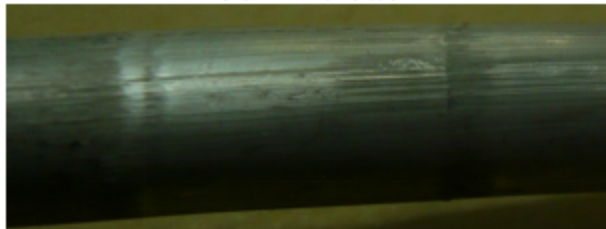


图 53 跳环

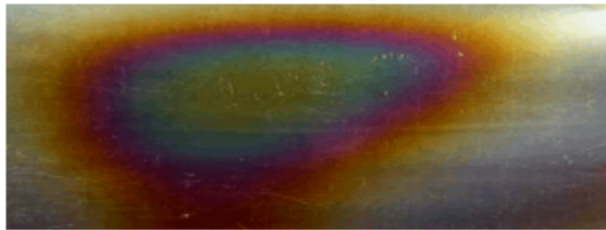


图 54 油斑



图 55 灰道



图 56 夹杂



图 57 缩尾

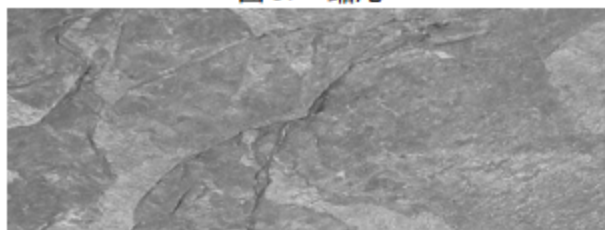


图 58 折叠

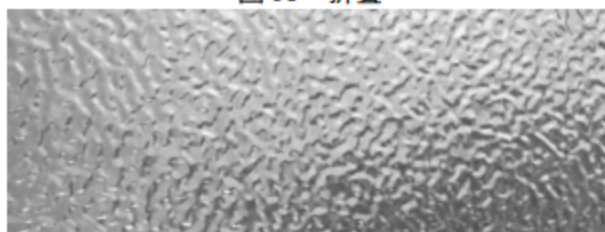


图 59 桔皮
