

# TC4铸态钛合金机加屑料与锻造坯机加屑料氧成分分析研究

范广轩 董燕妮

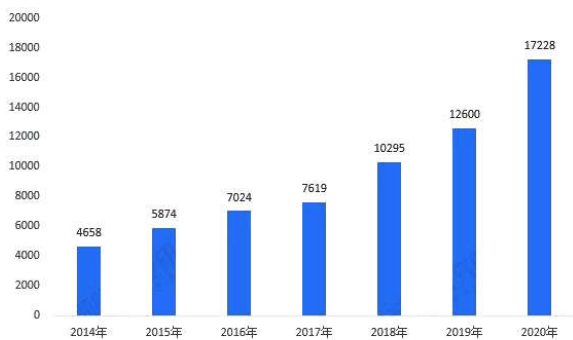
宝钛股份原料厂 陕西 宝鸡 721014

**摘要：**钛合金废料回收可以节省有机资源，达到低碳环保的效果，而钛合金废料回收中，其化学成分是影响产品最终性能的重要指标之一，钛合金屑状废料因其状态、产生路径不同，在回收过程中存在较大困难，本文主要研究钛合金屑状废料产生过程中氧元素的区别，以期为相关学者做一参考。

**关键词：**钛合金屑状废料 铸态钛合金 钛合金锻造坯料

## 1 绪言

钛是20世纪50年代发展起来的一种重要的结构金属，钛合金因具有强度高、耐腐蚀性好、耐热性高等特点被广泛用于航空、航天、海洋运输、化工、冶金、医疗卫生等领域，近年来钛材的市场应用逐渐扩大。然而由于钛的加工生产工艺复杂、加工流程长、成品率低致使加工过程产生了大量钛及钛合金块状和屑状废料，钛合金加工生产中产生的废料约占总投料量的50-70%，为了提高废料的利用率，降低生产成本，是钛合金加工生产中努力的方向。下图为近年来航空钛材用量增长柱状图。



资料来源：《2020年中国钛工业发展报告》前瞻产业研究院整理

## 2 研究目的及内容



钛合金铸锭



表面扒皮屑

钛及钛合金众多的工艺余料中，根据其状态主要分为两大类：屑状废料和块状废料。屑状废料主要来源：铸锭、锻坯、热挤压坯扒皮、下料时产生的机械加工屑；块状废料主要来源：铸锭到加工成品各工序中的切斗、切尾、压余和边角料，加工半成品、成品中因短尺和几何形状报废的废料。为了实现屑状工艺余料的可循环再利用，需要解决的难题就是屑料化学成分的可控性。因为钛合金中氧元素一般被称为杂质元素或残存元素。氧元素可使钛及钛合金强度提高、塑性下降，甚至使断裂韧性、低温韧性、疲劳性能、耐腐蚀性、冷成型性和可焊性等变坏。因此，在钛及钛合金中，对杂质元素都规定了它们的最高允许含量。目前国家标准GB/T3620.1-2007中规定TC4钛合金氧元素含量为0.2%，本文主要研究的是TC4钛合金屑状废料不同的产生途径其化学成分中O元素的区别。

## 3 钛合金屑状废料主要产生过程

钛合金铸锭因表面存在熔炼缺陷，需通过机加方式去除其表面缺陷或者使铸锭表面质量满足下道工序生产而机加产生的屑状废料，而钛合金因其导热率低，在切削过程中产生的热量容易造成屑状废料氧化，故铸锭在生产过程中应控制合理的机加参数，降低屑状废料的氧化风险。

同样，钛合金锻造坯料去除表面缺陷或者使坯料表面质量满足下道工序生产而机加产生的屑状残料，因其

经过热加工，其表面存在氧化层，其屑状残料的氧含量势必会有所增加。



锻造坯料

#### 4 数据采集及分析

目前国家标准GB/T3620.1-2007中规定TC4钛合金氧元素含量为0.2%,TC4钛合金铸锭实际投料氧含量均小于此数值。

我们选择5组TC4钛合金铸锭,依次用序号534-1#、534-2#……534-5#代替，分别对铸锭和其机加屑状残料进行取样，分析其化学元素中氧含量，对比两组数据中O元素含量，具体数据见下表1。

表1

序号	编号	铸锭氧元素含量%	扒皮屑氧元素含量%	增氧量%
1	534-1#	0.16	0.19	0.03
2	534-2#	0.16	0.20	0.04
3	534-3#	0.18	0.22	0.04
4	534-4#	0.18	0.20	0.02
5	534-5#	0.17	0.21	0.04
平均值	0.17	0.20	0.03	

从表1可知，铸锭机加过程中其产生的屑状残料均有增氧情况，氧增加量平均约为0.03%。

成分氧含量为0.11%-0.13%，另外四组坯料其铸锭化学成分氧含量为0.16%-0.18%，对锻造坯料表面分别进行不同厚度进行取样，分析其化学元素中氧含量，分析其增氧情况。具体数据见下表2。

然后选取8组TC4钛合金锻造坯料,因铸锭投料根据产品要求，需控制不同的氧含量，故选取TC4两类不同要求的氧元素含量坯料进行分析，其中四组坯料其铸锭化学

表2

序号	锭号	第一遍刨铣量	氧含量检测值%	第一遍增氧量	第二遍刨铣量	氧含量检测值%	第二遍增氧量	屑料平均氧含量
1	534-1	2mm	0.3	0.17	3mm	0.16	0.03	0.23
2	534-2	2mm	0.27	0.15	3mm	0.17	0.05	0.24
3	534-3	2mm	0.24	0.12	3mm	0.17	0.05	0.24
4	534-4	2mm	0.35	0.23	3mm	0.17	0.05	0.23
5	534-5	2mm	0.28	0.1	3mm	0.19	0.01	0.24
6	534-6	2mm	0.24	0.07	3mm	0.20	0.03	0.25
7	534-7	2mm	0.29	0.12	3mm	0.20	0.03	0.25
8	534-8	2mm	0.24	0.07	3mm	0.19	0.02	0.23
平均值	2mm	0.28	0.17	3mm	0.18	0.04	0.23	

从表2可以看出，锻造坯料表面氧元素含量明显增高，并且越接近表面，氧含量增高越明显，锻造坯料表

面2mm以内机加产生的屑料氧元素较钛合金铸锭实际氧含量高约0.17%，锻造坯料表面3mm-5mm处机加产生

的屑料氧元素较钛合金铸锭实际氧含量高越0.04%。根据实际生产中锻造坯料机加产生的屑状残料平均氧含量达到0.23%左右,较钛合金铸锭氧含量平均增氧量约0.06%。TC4铸态钛合金机加产生的屑状残料增氧明显小于热加工坯料机加产生的屑料残料。

通过以上研究,本人认为在屑状残料回收过程中,也可采取以下方式控制其化学成分:

4.1 对锻造坯料表面2mm以下的氧化层通过机械加工或其他方式进行处理,去除表面氧化层,可有效降低屑料氧含量,但此方式会增加一道工序,增加额外成本;

4.2 如果前期未进行去除氧化皮工作,钛合金屑状残料在回收过程中可通过添加海绵钛搭配使用,以达到控制氧元素的目的,但此方式会影响屑料的添加比例,且对海绵钛氧含量有较高要求。

## 5 结论

钛合金锻造坯料机加产生的屑状残料较钛合金铸锭机加产生的屑状残料O元素有明显增高情况,屑料回收过程中,可根据屑状残料的不同来源,进一步控制钛合金铸锭投料过程中的化学成分,以达到满意的合金铸锭。

当然屑状残料因其状态的特殊性,其在回收和利用中必须建立在良好的管理工作基础上。加工过程中一旦出现不同牌号的屑状料混杂,将给回收工作带来极大的困难甚至使此类残料的回收和利用失去经济价值。必须高度重视各级残料的收集、保管工作。

### 参考文献:

[1]陈振华(译),(德)莱茵斯(LeyensC),钛及钛合金化学工业出版社2005.3

[2]师昌绪李恒德周廉材料科学与工程手册,化学工业出版社2003.12