

钢锻件通用要求



SA-788



(与 ASTM A 788—02^{el} 完全等同)

1 范围

1.1 本标准包括一组通用要求,除非在单项材料标准中另有规定,任何下列 ASTM 出版的有关钢锻件的标准都应遵照执行:

ASTM 标准	名 称
A 266/A266M	压力容器部件用碳钢锻件
A 288/A288M	用于透平电机磁性护环的碳钢及合金钢锻件
A 289	发电机用无磁性护环合金钢锻件
A 290	减速齿轮用碳钢及合金钢环形锻件
A 291	小齿轮和减速齿轮用碳钢及合金钢锻件
A 336/A336M	高温受压零件用合金钢锻件
A 372/A372M	薄壁压力容器用碳钢及合金钢锻件
A 427	冷压缩或热压缩用塑性加工合金钢轧辊
A 469	发电机转子用真空处理钢锻件
A 470	透平机转子及轴用碳钢和合金钢锻件
A 471	透平机转盘及飞轮用真空处理钢锻件
A 508/A508M	淬火加回火真空处理碳钢及合金钢压力容器锻件
A 521	一般工业用钢冲压模锻件
A 541/A541M	压力容器部件用淬火加回火碳钢及合金钢锻件
A 579	超强合金钢锻件
A 592	高强度淬火加回火低合金钢锻造管配件及压力容器零件
A 649/A649M	瓦楞纸机器用锻造钢轧辊
A 668/A668M	一般工业用碳钢及合金钢锻件
A 723/A723M	受压部件用高强度合金钢锻件
A 765/A765M	有强制性韧性要求的压力容器部件用碳钢及低合金钢锻件
A 768	透平机转子和轴经真空处理 12% Cr 合金钢锻件
A 837	用于渗碳的合金钢锻件
A 859/A 859M	压力容器部件用低碳时效硬化镍铜铬钼合金钢锻件
A 891	透平机转盘和飞轮用沉淀硬化铁基超合金锻件

- A 909 一般工业用微量合金的钢锻件
A 940 汽轮机转子用差温热处理的真空处理合金钢锻件
A 965/A 965M 高温承压零件用奥氏体钢锻件

1.2 当本标准的要求与单项材料标准的要求有矛盾时,以后者为准。

1.3 采购方可以提出补充要求(见 4.2.3),但附加要求不应否定本标准或单项材料标准。接受任何这样的补充要求应同供方协商而定,并应在订货单中说明。

1.4 如果协议规定锻件可以以部分完工状态供货,也就是说,并没有全部完成产品标准的要求,则材料标记(见第 17 节)及合格证书(见经 16 节)应反映产品标准技术要求达到的程度。

2 引用标准

2.1 ASTM 标准

- A 275/A 275M 钢锻件磁粉检验试验方法
A 370 钢制品力学性能试验方法和定义
A 388/A 388M 大型钢锻件超声波检验
A 751 钢制品化学分析试验方法、操作和术语
A 833 用硬度比较试验机进行的金属材料压痕硬度实用规则
A 939 圆筒形锻件镗孔表面的超声波检验用试验方法
A 941 与钢、不锈钢、相关合金和铁合金有关的术语
A 966/A 966M 使用交流电对钢锻件做磁粉检验用试验方法
A 991/A 991M 热处理钢产品用炉膛温度传导均匀性监测的试验方法
E 23 金属材料缺口试样冲击试验方法
E 112 平均晶粒度测定方法
E 165 液体渗透检验实用规程

E 428 超声波检验用参考试块的制造和控制实用规程

E 813 检测断裂韧性 J_{Ic} 的试验方法

3 术语

3.1 A941 术语标准适用于本标准。更适用于锻件的附加项目和用语如本节中的说明。

3.2 定义：

3.2.1 钢锻件——经多次塑性压缩加工操作使材料密实并形成所需形状的产品称为锻件。可使用锤击、压力机、锻造机、圆环辗压机或锻轧机进行塑性加工，并且必须要材料变形，产生实质上的塑性加工结构。锻件按锻造温度大致可分为以下三类：

3.2.1.1 冷加工锻件——在大大低于金属再结晶温度以下塑性加工成形的锻件。冷加工锻件金属必须先经过热锻或热轧。

3.2.1.2 冷、热加工锻件——为了提高锻件的机械强度，让锻件在稍低于金属再结晶温度下进行加工，这种锻件称之为冷热加工锻件。锻件在冷热加工之前必须先经过热锻或热轧。冷热加工锻件可以用一连续操作过程完成，即先进行热加工随后通过控制终加工温度接着进行冷热加工。

3.2.1.3 热加工锻件——在金属的再结晶温度以上锻造成形的锻件。

3.3 本标准专用术语

3.3.1 底注——将一炉或多炉钢水盛入共同的钢水包中(参见 8.1.1 和 8.1.2)，从钢锭模底部引入钢水自下而上注满钢锭模。一个或多个钢锭模可放置在底盘上，也可用一炉钢水依次注入一个以上的底盘。底盘的建造通常能使钢水流过耐火通道至底盘上每个钢锭模底部。钢水从中央浇口进入，浇口应足够高，以使钢水能注满钢锭模至要求的水平面。

3.3.2 钢锭——将钢水注入铸模成形，并能按 3.1 进行塑性加工的模铸钢。例如，在通常有冷却的开底钢锭模用于连续铸造的钢属本定义范围。

3.3.3 镇静钢——为了减少钢水中氧气的含量至一定的程度，使钢水在凝固时基本不产生氧与碳的化学反应，而向钢水加入强脱氧剂或采用真空脱氧法产生的脱氧钢。

3.3.3.1 讨论——真空碳脱氧(VCD)是一种制钢的冶炼工艺，作为碳和氧反应的结果，在真空处理过程中发生初步脱氧。为了使得在真空处理过程中能够初步脱氧，在真空处理作业之前决不把任何较大数量的铝或硅一类的脱氧剂添加到熔融的钢水之中。

3.3.3.2 讨论——沉淀法脱氧是一种制钢的冶炼工艺，它通过在冶炼的早期过程中就把如铝一类的强脱氧剂添加进去，从而达到初步脱氧的目的，并为了钢制品脱氧使得它从熔融的钢水中分离到渣中去，而将钢水保持在熔融状态足够长时间。

3.3.4 顺序铸坯或连铸坯——用多炉钢水依次连续注入被冷却的开底钢锭模中形成的连铸产品。各炉成分沿铸坯长度方向变化。

3.3.5 连续浇铸——同一炉钢水注入被冷却的开底钢锭模中，形成一根或数根连续铸坯。

3.3.6 临界点之间的热处理——这种热处理是将钢加热到上临界温度的(A_{c3})以上的温度使之初步奥氏体化，随之冷却到下临界温度(A_{c1})以下的温度。之后，将材料再次加热直到上临界温度(A_{c3})和下临界温度(A_{c1})之间某一温度，并再次冷却到 A_{c1} 以下的温度，接着按材料标准所要求的温度界限内进行亚临界回火处理。

3.3.6.1 讨论——这种工艺一般适用于硬化能力低的碳钢和低合金钢，通常，它会在所要处理的部件的经热处理过的截面上生成铁素体和珠光体的金相组织。

4 订货须知

4.1 订货单应包括下列各项内容：

4.1.1 数量。

4.1.2 尺寸，包括公差和表面质量。

4.1.3 标准号，包括类型、类别和级别，标准出版年月。

4.1.4 要求提交材料试验报告复印件的份数。

4.2 经与供方协议后，增加的下列附加条件：

4.2.1 如果材料标准中有多种热处理类型允许选择时，则应注明热处理类型。

4.2.2 补充要求(如有)。

4.2.3 附加要求(参看 1.4, 16.1.5 和

16.1.6)。

4.2.4 不允许焊接修补。

5 熔炼工艺

5.1 除非材料标准有特殊规定,钢材可以通过下列一次熔炼工艺之一获得:平炉、氧气顶吹转炉、电炉或真空感应法(VIM)。一次熔炼可以结合单独的脱气或精炼,也可以接着使用电渣重熔法(ESR)或真空电弧重熔法(VAR)进行二次溶炼。

5.2 钢水可在铸锭前或铸锭过程中进行真空处理。

5.2.1 当材料标准中注明须对钢水进行真空处理时,则应具备下列条件:

5.2.1.1 如果使用真空脱气工艺,真空系统必须具有足够的能力以达到足够低的抽净压力(通常应小于 $1000\mu\text{m}$),以便将通常为密集绳索状的熔融金属流打碎成由较细的液滴组成的一个大角度锥形流。该系统还必须具有足够高的能力,以便在两分钟内浇注开始时的初始冲击压力降低到一个较低的水平。

5.2.1.2 当使用真空抽吸工艺时,则钢水应反复地吸入真空液罐,并至少保证2.5的循环系数(参看附录A1)以保证整炉钢水彻底脱气,充分混合。抽真空系统应能使每次新的一部分钢液被吸入罐中时产生的冲击压力降到愈来愈低的水平,直到达到抽净压力(通常应小于 $1000\mu\text{m}$),意味着脱气处理结束。

5.2.1.3 当使用钢包脱气工艺时,抽真空系统应能将真空系统的压力降低到一个低水平(通常小于 $1000\mu\text{m}$),以足够长的时间充分搅拌熔融金属,使其能充分暴露于抽真空气氛之中。

5.2.1.4 如果供应商能向用户演示证明良好的脱气处理效果,和成品锻件的验收性能满足采购方要求,则也可以使用其他真空处理方法。

6 锻造

6.1 锻件应按照3.2.1的要求锻制。

7 热处理前的冷却

7.1 在锻造之后及热处理再加热之前,应以防止损害锻件的方式冷却。对于铁素体锻件,则

应让奥氏体充分转变为铁素体。

8 化学成分

8.1 熔炼分析:

8.1.1 由制造厂进行每炉钢水的分析,以确定材料标准中规定的那些元素百分含量。这种分析的试样最好在浇注时采取。分析结果应与材料标准一致。

8.1.2 当多炉钢水都注入同一个钢包时,应对钢包中钢液的化学成分进行分析。分析结果应与材料标准要求一致。

8.1.3 对多炉同铸铸锭,既可单独进行每炉罐混合钢水溶炼分析,也可采用加权平均法求取(见附录A2)。各种方法的分析结果应符合材料标准要求。

8.1.4 除多炉号连铸机中顺序浇铸生产的产品外(见8.1.6),如果熔炼分析样品遗失或申明采样不适宜作化学分析的话,则生产厂可以在接近铸锭或锻件表面适当位置按需要另取样品分析,以确定有疑问炉号的化学成分。

8.1.5 重溶锭的熔炼分析:

8.1.5.1 当采用自耗重熔工艺时,应从每炉的一个重溶钢锭中(或一个重熔钢锭生产的产品)取样进行化学分析作为熔炼分析。

8.1.5.2 当由不同的主要炉号的电极顺序重溶时,对应于至少每个主要炉号的一个电极的重溶锭的每一区域进行化学成分分析。每一区域的分析结果应符合材料标准要求。重溶锭的熔炼分析应是各区域单独化学分析值用加权平均法处理后的成分(见附录A2)。

8.1.5.3 按产品标准中的要求,应规定重熔钢锭中铝含量的极限。

8.1.6 对多炉号在连铸机中顺序浇铸,如有可能,应按8.1.1或8.1.2的要求对每炉的钢水进行熔炼分析。

8.1.6.1 如果多炉号顺序连铸的试样丢失或申明不适宜于化学分析,可以另在远离过渡段选取替代试样。制造厂既可以从该炉的浇铸材料中也可从其产品中选取替代试样,选取方法按8.2或8.3所规定进行。

8.2 顺序连续浇铸材料的炉号规定——除需按补充要求S3外,如果化学成分相似的炉号顺序浇铸,则铸造产品指定的炉号可保持不变,直

到产品钢水全部由下一炉提供为止。

8.3 不同化学成分的钢水顺序连续浇铸材料的识别——不同化学成分的各炉钢水顺序连续浇注时,由于在两炉的交接处,不同炉的钢水会在漏斗中发生混合,因此,要对过渡段材料进行分离和鉴别。供应商应按能可靠地分开等级的任何制定的方法将过渡部分截去。

8.4 成品分析:

8.4.1 采购方可以用能代替单炉或多炉(见 8.1)钢水的锻件进行化学成分分析。可在锻件上或在全尺寸的延伸部位上取分析试样。对于圆形锻件或其他实心锻件,应在半径的中点到外表面部位的任一点取样。对于空心或冲孔锻件,应在内径至外表面之间取样。还可以按材料标准规定从力学性能试样上或力学性能试验部位上取分析试样。

8.4.2 这样测定的化学成分应符合锻件标准的要求。列在材料标准中的化学元素允许偏差按表 1 的规定。使用表 1 中允许偏差的限制可由

材料标准作出。

8.5 残余的或未规定含量的元素——某些残余元素或未规定含量的元素的限制规定分别在于补充要求 S1 和 S2 中作出。

8.6 不允许等级替代。

8.7 分析方法——仲裁分析应按标准 A 751 试验方法、操作和术语中所包含的方法。

9 热处理

9.1 应按成品标准中的要求对锻件进行热处理。补充要求 S4 涉及了特殊的热处理工艺(见 3.3.6),其应用范围在成品标准内确定。除非另有规定,在热处理保温周期内,应使得记录炉温的温度变化在控制设定温度点的 $\pm 25^{\circ}\text{F}$ ($\pm 15^{\circ}\text{C}$) 范围内。如果业已确定工作区的温度变化是在设定温度点的小于 $\pm 25^{\circ}\text{F}$ ($\pm 15^{\circ}\text{C}$) 范围内,则材料应放在按 A991/A991M 标准已经验证了的热处理炉的工作区域内进行热处理。

表 1 镇静钢成品分析的允许偏差

元素	基数或最大规定范围	允许偏差, $\pm$, %					
		$\leq 100\text{in.}^2$ (650cm^2) ^①	$> 100^{\text{①}} - 200$ in.^2 ($650 - 1300\text{cm}^2$)	$> 200 - 400$ in.^2 ($1300 - 2600\text{cm}^2$)	$> 400 - 800$ in.^2 ($2600 - 5200\text{cm}^2$)	$> 800 - 1600$ in.^2 ($5200 - 10300\text{cm}^2$)	$> 1600\text{in.}^2$ (10300cm^2)
C	≤ 0.05	0.005	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01
	0.06 ~ 0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.11 ~ 0.25	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
	0.26 ~ 0.55	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
	≥ 0.56	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07
Mn	0.08	≤ 0.90	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
	≥ 0.91	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09
P	≤ 0.05	0.008	0.008	0.010	0.010	0.015	0.015
S	≤ 0.030	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006
	0.015	0.031 ~ 0.060	0.008	0.010	0.010	0.010	0.015
Si	≤ 0.35	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
	≥ 0.36	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08
Ni	≤ 1.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	1.01 ~ 2.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	2.01 ~ 5.30	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	5.31 ~ 10.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	≥ 10.01	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

表 1(续) 镇静钢成品分析的允许偏差

元 素	基数或最大 规定范围	允许偏差, ±, %					
		≤100in. ² (650cm ²) ^①	>100 ^① ~200 in. ² (650~ 1300cm ²)	>200~400 in. ² (1300~ 2600cm ²)	>400~800 in. ² (2600~ 5200cm ²)	>800~1600 in. ² (5200~ 10300cm ²)	>1600in. ² (10300cm ²)
Cr	≤0.90	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
	0.08	0.91~2.10	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07
	0.16	2.11~10.00	0.10	0.10	0.12	0.14	0.15
	0.19	10.01~15.00	0.15	0.15	0.15	0.17	0.17
	0.24	15.01~20.00	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24
	0.29	≥20.01	0.25	0.25	0.25	0.27	0.27
Mo	≤0.20	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
	0.04	0.21~0.40	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
	0.08	0.41~1.15	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
	0.12	1.16~5.50	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12
V	≤0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.02	0.11~0.25	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	0.03	0.26~0.50	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	0.04	0.51~1.25	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Nb	≤0.14	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
	0.08	0.15~0.50	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
Ti	≤0.85	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Co	≤0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.09	0.25~5.00	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08
	0.18	5.01~10.00	0.14	0.14	0.14	0.16	0.16
W	≤1.00	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
	0.14	1.01~4.00	0.09	0.09	0.10	0.12	0.12
Cu	≤1.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	0.05	1.01~2.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.07	2.01~5.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Al	≤0.05	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
	0.03	0.06~0.15	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
	0.08	0.16~0.50	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07
	0.14	0.50~2.00	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12
Zr	≤0.15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
N	≤0.02	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	0.01	>0.02~0.19	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.02	>0.19~0.25	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	0.03	>0.25~0.35	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	0.04	>0.35~0.45	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

注 1: 本表包括 A01.06 卷范围内镇静钢中常见的大多数元素在成品分析中的允许偏差。它仅适用于材料标准所允许的成品分析中那些元素的偏差。

注 2: 产品横截面积定义为下列三者之一(取垂直于原始钢锭或钢坯轴线的截面面积)

- (a) 粗车后锻件的最大横截面积;
- (b) 未经机加工锻件的最大横截面积;
- (c) 方钢坯、钢坯或板坯的最大横截面积。

① 当删除了产品尺寸范围 ≤100in.² 这一列时, 则 100~200in.² 这一列应改为 ≤200in.²。

10 力学性能

10.1 试验方法——所有试验都应按标准 A 370 试验方法和定义进行。

10.1.1 除 A 370 试验方法和定义的硬度试验规定外,还可能采用按推荐规程 A 833 中的相对硬度试验法测定锻件的硬度。

10.2 复试——如果拉伸试验的结果不符合规定要求,可按 A 370 所指进行复试,或者按下述方法进行:

10.2.1 如果拉伸试验过程中,拉伸试样上出现明显的裂缝而使任一拉伸试样的伸长率或断面收缩率小于规定值时,则允许重新试验,只要证明缺陷不是由于钢的断裂、裂纹或白点造成的。

10.2.2 如果试样平均冲击功符合标准中的要求,但其中一个试样的冲击功小于材料标准中所述单个试样的规定最小值,则可允许复试。应在靠近或位于不合格试样的任一侧取两个试样。每个复试试样的冲击功都应大于或等于材料标准中所要求的最小平均值。

11 再次热处理

11.1 如果第一次力学性能试验的结果不能满足规定要求,锻件可以进行热处理(如果第一次试验是在锻造状态下做的)或再次热处理(如果锻件在第一次试验前已经过热处理)。

12 补焊

12.1 除非材料标准(见 4.2.4)特别许可,否则不容许锻件焊接修补。

13 尺寸与表面质量

13.1 锻件的尺寸、公差和表面质量应符合订货须知中的要求(4.1.2),也可用 S5 和 S6 中有关锻件校直的补充要求。

14 检查

14.1 在制造厂内进行的所有试验和检验(除非另有协议)。

14.2 制造厂应向采购方检验人员提供各种合理必要的设施,以使他们确信所有材料正在按照本材料标准要求生产和提供。

14.3 采购方在工厂检查时,不对制造厂的各工序造成不必要的干扰。

15 拒收

15.1 如果在制造厂验收之后,采购方发现产品中有引起危险的缺陷或由于 8.4 条进行的产品分析不合格而提出任何拒收要求时,应报告制造厂。

15.2 根据 15.1 被买方拒收的产品由制造厂和买方双方协商处理。

16 合格证书

16.1 制造厂应向采购方提供根据订货须知(4.1.4)中所要求的各种试验报告的复印件。报告应包括下列各项:

16.1.1 订货单编号。

16.1.2 锻件识别号。

16.1.3 材料标准号、出版日期以及所需的材料类别、类型以及等级。

16.1.4 炉号及熔炼分析。

16.1.5 合格的力学性能试验结果。

16.1.6 任何无损探伤测试结果。

16.1.7 如果材料标准或 4.2.3 要求最终热处理规范。包括奥氏体化温度,回火温度,保温时间及冷却方式。

16.1.8 锻件相对于材料标准未完成的程度(见 1.4 及 16.1.7)。

16.1.9 规定的补充及附加试验结果。

16.1.10 材料试验报告可以用电子表格形式的电子数据交换(EDI)传送到采购方,这应视作与供方机构打印的副本有同等效力。EDI 传送文件的内容应满足涉及到的 ASTM 标准的要求,并符合采购方和供方之间现存的 EDI 协议。不管是否缺少签名,提供 EDI 传送的机构应对报告的内容负责。

17 包装和包装标志

17.1 每个锻件都应根据产品标准和用户要求都应清楚地识别,如果没有具体要求,则由制造厂可按下列项目进行标志:

17.1.1 制造厂名或代号。

17.1.2 制造厂识别标记或炉号。

17.1.3 材料标准号。

17.1.4 所需的类别、等级及类型标记。

17.1.5 采购方标记(4.2.3)。

17.1.6 钢印位置(4.2.3)。

17.1.7 半成品锻件(1.4)标签上紧接 ASTM 的标记后面加后缀“Y”，并应列于各种其他后缀符号之前。在材料标准的各项要求未完全满足以前及未提交补充材料试验报告之前，应一直保留这一标记“Y”。

17.2 应采用打钢印由材料标准或订货合同中规定的其他可行的方法进行标志。条形码可以

用来作为补充标志方法。采购方可以在订单中规定所要使用的特殊的条形码系统。如果是按供货方选定采用的条形码系统，则应与已经发布的条形码工业标准一致。

17.3 在锻件上不要求标准年号和修改版次。

18 关键词

18.1 一般交货要求 合金钢锻件 碳钢锻件

补 充 要 求

(一般性资料)

以下一般补充要求是本标准所列锻件标准所通用的。这些补充要求适合于单项锻件标准使用。单项标准列出了要用的补充要求编号和标题, 这些补充要求及其他限制或试验由供需双方商定。附加补充要求应在订货单中规定, 并在锻件发货之前由制造厂完成。

S1 残余元素

S1.1 在碳钢或低合金钢锻件中, 可能会出现少量未作规定的元素, 这些元素的存在是随机的, 其最大含量规定如下:

元 素	含 量
Cu	0.35%
Ni	0.30%
Cr	0.25%
Mo	0.10%
V ^①	0.03%

① 当要求执行补充要求 S2 时除外。

S2 未作规定的元素

S2.1 钒用于细晶粒化或脱氧时, 不应超过 0.08%。

S3 顺序铸坯或连铸坯

S3.1 当用同一化学成分范围的多炉顺序连铸时, 应按制造的规程, 使不同成分炉次互相分隔开, 保证供货中无互混材料。

S4 临界温度间的热处理

S4.1 铁素体锻体在热处理过程中的奥氏体化阶段是将钢加热到上临界温度的(A_{c3})以上某一合适的温度下进行的, 以便使锻件完全奥氏体化。但是, 如果要进行多段奥氏体化, 则最后一段温度可调至上临界温度(A_{c3})和下临界温度(A_{c1})之间某一温度, 使其部分奥氏体化。这样分段处理循环之后, 应紧接着按材料标准所要求的温度界限内进行回火处理。

S5 锻件矫直

S5.1 除补充要求 S6 另有规定外, 锻件在为

达到规定性能的热处理之后, 应在比最终回火温度低 100°F (55°C)的温度下进行矫直。矫直后, 在比最终回火温度低 $50 \sim 100^{\circ}\text{F}$ ($30 \sim 55^{\circ}\text{C}$)的温度下进行消除应力处理, 并应载入材料试验报告内。在锻件为达到规定性能热处理之前进行的矫直不要求作中间消除应力处理。

S6 锻件在热处理之后的矫直

S6.1 如果没有经采购方同意, 在材料为达到规定性能而进行的热处理之后再作矫直是不允许的。

S7 断裂韧性试验

S7.1 为了评估锻件的断裂韧性, 应按试验方法 E 813 进行试验, 试样的部位及试验要求应经供需双方协商确定。

S8 真空脱气

S8.1 采用 5.2 条的真空脱气要求。

S9 真空碳脱氧

S9.1 钢水在冶炼过程中应经真空碳脱氧(VCD), 在这种情况下, 硅含量最大为 0.10%。

S10 A 级或 B 级磷和硫含量限制

S10.1 A 级磷、硫含量范围如下:

A 级	熔炼分析	成品分析
	$P \leq 0.015\%$	$\leq 0.018\%$
	$S \leq 0.018\%$	$\leq 0.021\%$

S10.2 B 级磷、硫含量范围如下:

B 级	熔炼分析	成品分析
	$P \leq 0.012\%$	$\leq 0.015\%$
	$S \leq 0.015\%$	$\leq 0.018\%$

S11 A 级或 B 级铜含量限制

S11.1 A 级铜含量的范围,熔炼分析和成品分析都不大于 0.15%。

S11.2 B 级铜含量的范围,熔炼分析和成品分析都不大于 0.10%。

S12 带颈法兰和管板用的拉伸试样

S12.1 用于 ASME 锅炉和压力容器规范结构的带颈法兰管板,轴向拉伸试样应尽可能靠近颈部并在内缘或外缘截取,如有必要,可用小尺寸试样。试样的纵轴应平行于颈的长度方向,如图 S1 所示。

S12.2 假如其他位置的取样条件满足,经采购方同意,该试样取向可以代替规定的拉伸试样。

S13 夏比冲击试验

S13.1 需进行夏比冲击试验时,除规定试验数量、试样取向和位置之外,还应规定试验温度、适用的吸收能量验收标准、断口形貌、侧向膨胀量、或两者(即断口形貌和侧向膨胀量)。

S13.2 试样应按标准 A 370 试验方法和定义进行加工和试验。

S14 夏比 V 形缺口冲击转变曲线

S14.1 根据下列一个或几个标准确定转变温度曲线,需从锻件材料上制取足够数量的试样作冲击试验:

S14.1.1 吸收能量 $ft \cdot lb$ (J)(见试验方法 E23)。

S14.1.2 断口形貌(见标准 A 370 试验方法和定义的附录 5)。

S14.1.3 侧向膨胀量。

S14.1.4 试验温度范围应足够宽,以测定上下平台能量,并在上下平台温度中间做多个试验以便能画出平滑的曲线。可协商确定最低试验温度代替下平台温度。上平台能量级规定为大于 95%纤维状断口,下平台能量级规定为不大于 5%纤维状断口。

S14.2 采购方应向制造厂提供取样位置详图、试样数量、热处理以及试验所得资料。

S15 晶粒度

S15.1 当要求晶粒度范围时,应将诸如热处理或奥氏体晶粒度以及商定由试验方法 E 112 确定的方法规定在订货资料中。

S15.2 经热处理过的产品,判断其晶粒度的试样应取自拉伸试样位置。

S16 粗加工和粗镗孔

S16.1 制造顺序中特别是涉及到需进行力学性能热处理的锻件,其粗加工和粗镗孔的工序应由采购方指定。

S17 力学性能试验试样的模拟焊后热处理

S17.1 所有试验坯料在试验之前都必须在临界点温度以下进行一次或多次热处理。这些处理是用来模拟锻件在设备制造过程中将经受的焊后或其他热处理。采购方应向制造厂提供试验坯料所需热处理的细节,包括温度、时间和冷却速度。

S18 磁粉检验

S18.1 成品锻件的所有可接近的表面均应经磁粉检验,按方法 A 275/A 275M 规定进行。

S18.2 除供需双方另有协议外,应采用湿式连续法磁粉检验。

S18.2.1 符合下列条件锻件应拒收或剔除:

S18.2.1.1 最大尺寸的显示超过 $\frac{3}{16}$ in. (4.8mm);

S18.2.1.2 有 4 个或更多个较大尺寸超过 $\frac{1}{16}$ in. (1.6mm) 的显示,且各分隔的显示排成一线,两显示的净间隔距离等于或小于 $\frac{1}{16}$ in. (1.6mm);

S18.2.1.3 在任意 6in.^2 (39cm²) 面积内,有 10 个或更多个较大尺寸超过 $\frac{1}{16}$ in. (1.6mm) 的显示,并且此区域的较大尺寸不大于 6in. (150mm)。该面积应取自相对于需评定显示最不利的部位测量。

S19 液体渗透检验

S19.1 成品锻件的所有可接近的表面均应经液体渗透检验,按推荐方法 E 165 进行。所用的

渗透剂系统应由供需双方商定。

S19.2 符合下列条件锻件应拒收或剔除:

S19.2.1 最大尺寸超过 $\frac{3}{16}$ in. (4.8mm)的显示;

S19.2.2 有4个或更多个较大尺寸超过 $\frac{1}{16}$ in. (1.6mm)的显示,且各分隔的显示排成一线,两显示的净间隔距离等于或小于 $\frac{1}{16}$ in. (1.6mm);

S19.2.3 在任意 6in.^2 (39cm²)面积内,有10个或更多个较大尺寸超过 $\frac{1}{16}$ in. (1.6mm)的显示,并且此区域的较大尺寸不大于6in. (150mm)。该面积应取自相对于需评定显示最不利的部位。

S20 超声波检验

S20.1 锻件的超声波检验按推荐规程 A 388/A 388M 进行。

S20.2 除供需双方另有协议外,对纵波检验验收等级定为 BR 级或 DA 级和对横波检验为 S 级。

BR 级——纵波

S20.2.1 按 A 388/A 388M 推荐规程使用调整回波频率的方法。

S20.2.2 除了应报告 A 388/A 388M 推荐规程“记录”一节的应报告的情况外,还应记录超出产生回波的显示信号。

S20.2.3 符合下列情况应予拒收或修补(可能的话):

S20.2.3.1 伴随有缺陷显示的回波完全消失,为此,把小于5%满波幅的回波认为是回波完全消失。

S20.2.3.2 出现波幅等于锻件上无显示区所确定的回波值的显示。

DA 级——纵波

S20.2.4 应采用声学性质相似的金属参考试块作标定用。试块应满足下列要求之一:

S20.2.4.1 在不改变仪器调整的情况下,对比等厚度的参考试块材料和实际受检锻件之间回波时,其偏差不得超过25%。

S20.2.4.2 参考试块用钢制造。制造参考试块的钢与受检产品锻件有相似化学成分和工艺过程。参考试块按推荐规程 E 428 制造。

S20.2.4.3 试验截面厚度不大于12in. (300mm)时,参考试块应有一个直径 $\frac{1}{4}$ in. (6.5mm)的平底孔;厚度大于12~18in. (300~455mm)

时,孔直径为 $\frac{3}{16}$ in. (9.5mm);厚度大于18in. (455mm)时,孔直径为 $\frac{1}{2}$ in. (13mm)。

S20.2.4.4 对特定等级的钢和规定的孔径,应制定一条距离波幅校正曲线。

S20.2.4.5 锻件有一个或多个波幅等于经适当校准过距离的相应标准孔的显示,应拒收或修补(可能的话)。

S 级——切变波

S20.2.5 校准槽、校准参考试验和扫描应按推荐规程 A 388/A 388M 的规定。除另有协议外,应采用60°V形槽。

S20.2.6 锻件有一个缺陷的显示,后者波幅超过了参考线则应予以拒收。

S20.2.7 超声波检验报告应按推荐规程 A388/A388M 的规定。

S20.2.8 一个附加的非破坏性检验或开孔检查可用于解决超声波显示判读有误的问题。制造厂应对在最终机加工时不能除掉的有害缺陷负责。

S21 试件的补充热处理

S21.1 在随后的加工过程中当成品锻件采用临界点温度以下的热处理可能影响到锻件的力学性能时,那末材料标准要求做力学性能试验的试件应作实验室热处理,该热处理模拟预先提出的临界点温度以下的热处理。

S21.2 买方应规定所要求的热处理范围、最少保温时间和加热与冷却速度。

S21.3 应从材料标准中所述的锻件部位在完成试件热处理后切取所要求的试件数量。

S21.4 试样应达到材料标准中的最低力学性能要求,以及买卖双方同意的任何补充试验的那些要求。

S21.5 按照附加要求供应的锻件应按17.1.7条规定作标志。

S21.6 材料试验报告应包括交货材料所作的热处理和试件所作力学性能试验的结果,该试件经过采购方所规定的模拟加工时所作的热处理。

S22 膛孔表面的超声波检验

S22.1 膛孔的圆筒形锻件按 A939 试验方法标准从膛孔表面进行超声波检验,其合格验收标准由采购方和生产厂双方协商确定。

S23 使用交流电的磁粉检验

S23.1 铁磁性钢锻件的指定表面应在由采购方规定的机加工阶段中，按 A 966/A 966M 试验方法标准做磁粉检验，其合格验收准则由采购方作出规定。

S24 J_{factor}积分因子

S24.1 在锻件制造中所用的每一炉钢，须确定按下列公式计算得出的 J 积分因子。

J_{factor} = (Mn + Si) (P + Sn) × 10⁴

已经查明它在减小回火脆性效应上是有效的。

S24.2 采购方在询价单和订货文件中都应规定出所要求的最大 J_{factor}，积分因子。

S24.3 即便是在材料标准中并无锡 (Sn) 的化学分析要求，当为了应用本补充要求时，必须测定出钢中的锡的含量。

注：在 Paul Bates 的论文中就已经指出：在 J_{factor} 积分因子从 120 到 60 时，断口形貌转变温度 (FATT) 会变得稳定，但是低于 20 时，则 FATT 的下降更加不明显。

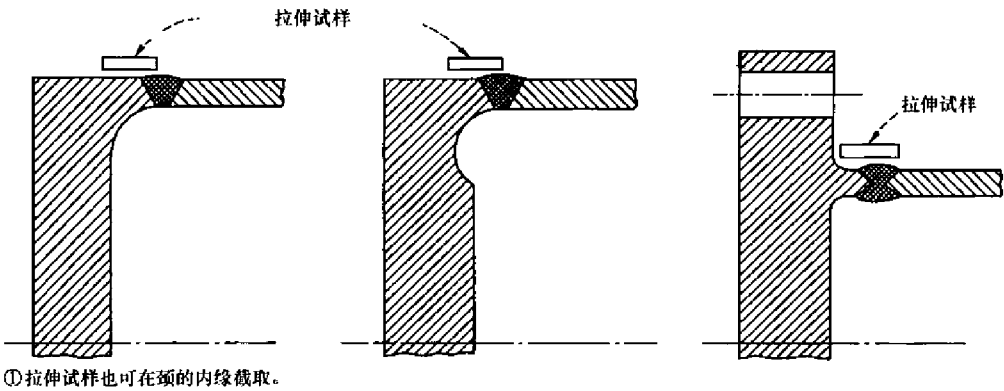


图 S1 拉伸试样①

附 录

(强制性资料)

A1 再循环系数

A1.1 真空抽吸工艺的再循环系数可按式求得：

$$\text{再循环系数} = \frac{\text{每一循环抽吸钢水的吨数(kg)} \times \text{循环次数}}{\text{熔炼吨数(kg)}}$$

并浇铸而成，则必须遵循加权平均法分析规定。该法假设钢锭的化学元素总量完全来自于合并所含各炉的分量组成。做这种分析是必需的，这是为了保证正式化学分析单中的每个元素含量是由各炉钢水中该元素含量在总量中的分量所组成。下面是一个加权平均值分析的例子，钢坯是由三炉钢水合并浇铸而成，每炉容量及化学成分如下：

A2 加权平均法解释性注释

A2.1 当钢锭是由两个或多个炉号的钢水合

炉号	每炉 ^① 重量, t	各炉元素含量, (%)								
		C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V
A	25	0.20	0.50	0.010	0.020	0.34	0.92	0.32	0.12	0.03
B	50	0.25	0.50	0.013	0.015	0.38	0.98	0.32	0.12	0.02
C	50	0.25	0.50	0.015	0.018	0.38	0.94	0.34	0.13	0.02
合计	125 ^②									

第1步——确定每炉重量所占分数 (FF)：

$$FF = \frac{\text{单炉熔重}}{\text{总熔重}} \times 100\%$$

炉 A = 25/125 = 20%

炉 B = 50/125 = 40%

炉 C = 50/127 = 40%

第2步——计算每种元素的加权平均值。下面给出几种元素的计算实例。

加权平均值 = $\sum$ (每炉中元素的含量 × FF)

碳元素的加权平均值：

炉 A——0.20% × 20% = 0.04%

炉 B——0.25% × 40% = 0.10%

炉 C——0.25% × 40% = 0.10%

相加得到加权平均值 0.24%

锰的加权平均值：

炉 A——0.50% × 20% = 0.10%

炉 B——0.50% × 40% = 0.20%

炉 C——0.50% × 40% = 0.20%

$\sum$ = 0.50%

磷的加权平均值：

炉 A——0.010% × 20% = 0.002%

炉 B——0.013% × 40% = 0.0052%

炉 C——0.015% × 40% = 0.006%

$\sum$ = 0.013%^③

① 组成铸锭总重的每炉分重量。

② 铸锭总重。

③ 按标准 E380 要求圆整至有效位。

④ 其他元素的计算照此类推。