

① 22-24

实用技术

底注钢锭模设计及特种 Cr-Ni、Cr-Mo 钢锻件的试制

陈继志 于晓蒙 宁天信 刘小义 (洛阳船舶材料研究所 洛阳 471039)

TG317
TF341.6

摘 要 指出了 Cr-Mo 钢、Cr-Ni 钢等特种钢锻件生产中存在的工艺问题。设计了专用的底注钢锭模,试制出符合 ASTM A182-78 标准要求的 Cr9Mo、1.25Cr0.5Mo、Cr25Ni20 钢锻件,解决了这些特种钢的原材料供应难题。

关键词 钢锭模 特种钢 锻造工艺 锻件 合金钢

Design of Bottom Pouring Steel Ingot and Forging Manufacture of Special Cr-Mo and Cr-Ni Steels

Chen Jizhi Yu Xiaomeng Ning Tianxin Liu Xiaoyi

(Luoyang Ship Material Research Institute, Luoyang 471039, China)

Abstract In this paper, the technology on forging of Cr-Mo and Cr-Ni steels was summarized. With design of steel ingot and by studying on forge technology, Cr9Mo, 1.25Cr0.5Mo and Cr25Ni20 steel forgings which content with the standard ASTM A 182-78, are produced and have been used in petrochemical industry. The supply problem of special steels was solved.

Keywords Steel ingot Special steel Forge

石化行业经常要用到 Cr-Mo 钢和 Cr-Ni 钢锻件。而锻件材料的供应却存在较大的困难:一是材料特殊,钢厂几乎无现货供应;二是批量小,钢厂不愿供应这些钢材。采用一般钢锭模生产这些合金元素含量较高的钢锭存在钢锭表面质量差、内部气体夹杂物多、冒口大等问题,这会损坏锭模,影响钢锭开坯和降低成材率。为此,应根据合金的特点设计新的钢锭模,以充分保证钢锭的质量,从而获得符合 ASTM A182-78 标准要求的 Cr-Mo 钢、Cr-Ni 钢锻件^[1]。

1 底注钢锭模设计

普通钢锭模的形式如图 1 所示。用这种锭模生产的碳钢钢锭,可锻造出较好的锻件。但用来生

产合金元素含量高的钢锭则存在以下问题:(1)浇注时充型不平稳,容易损坏锭模;(2)合金元素易氧化形成夹杂,钢液飞溅夹杂物不易上浮而形成钢豆、夹渣等缺陷,从而严重影响钢锭的质量。这些缺陷在钢锭开坯时会造成大量的坯锭裂纹而导致钢锭报废。

采用图 2 所示的底注钢锭模可以避免上述问题。浇注时充型平稳,合金元素不易氧化,钢液中的夹杂也易上浮,可生产出质量较好的钢锭。但由于浇注顺序和理想的凝固顺序不一致会降低钢锭的成材率,因此必须在锭模设计和浇注工艺上予以解决。

锭身采用较大的扩径以保证锭身下部具有较大的吸热能力,冒口圈采用薄壁结构以便能容纳较多的保温材料,并在顶部覆盖较厚的发热保温材料,将由于浇注位置造成的上低下高的温度梯度扭转过来。

根据熔炼设备能力设计底注钢锭模和浇注系统,包括200 kg 锭模2套,100 kg 锭模4套,中注管1套,底盘1套。其结构如图3所示。可同时浇

注2个200 kg 钢锭或4个100 kg 钢锭或1个200 kg 钢锭和2个100 kg 钢锭。这一铸锭工艺的出品率在95%以上。

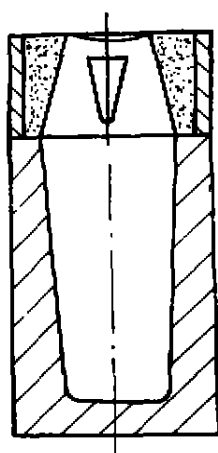


图1 顶注钢锭模示意图

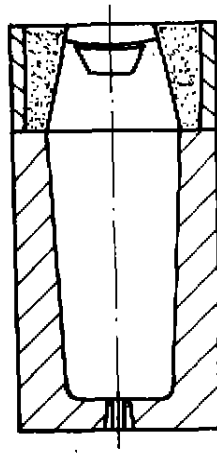


图2 底注钢锭模示意图

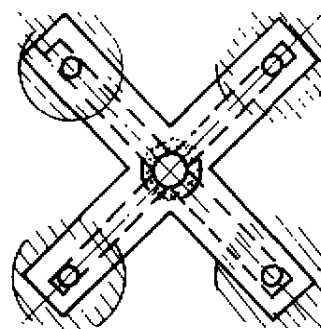


图3 底注锭模及浇注系统

2 合金的熔炼和浇注

用500 kg 感应电炉熔炼合金。Cr-Mo 钢用废碳钢、低碳铬铁、钼铁熔炼;Cr-Ni 钢用废不锈钢、低碳铬铁、电解镍熔炼。ASTM A182-78 标准要求的化学成分及炼制合金的化学成分如表1所示。

表1 ASTM A182-78 规定的化学成分和炼制合金的化学成分(w)

| 合金牌号 | | C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo |
|-------------|----|-----------|--------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-----------|
| Cr9Mo | 标准 | ≤0.15 | 0.5~1.0 | 0.3~0.6 | ≤0.03 | ≤0.03 | 8~10 | — | 0.9~1.1 |
| Cr9Mo | 炼制 | 0.138 | 0.48 ¹⁾ | 0.375 | 0.024 | 0.026 | 8.25 | — | 0.98 |
| 1.25Cr0.5Mo | 标准 | 0.10~0.20 | 0.5~1.0 | 0.3~0.8 | ≤0.04 | ≤0.04 | 1.0~1.5 | — | 0.44~0.65 |
| 1.25Cr0.5Mo | 炼制 | 0.134 | 0.977 | 0.644 | 0.016 | 0.028 | 1.33 | — | 0.51 |
| Cr25Ni20 | 标准 | ≤0.15 | ≤1.00 | ≤2.00 | ≤0.03 | ≤0.04 | 24~26 | 19~22 | — |
| Cr25Ni20 | 炼制 | 0.09 | 1.05 ¹⁾ | 0.792 | 0.012 | 0.010 | 25.91 | 19.05 | — |

注1),工程上允许的成分误差为±0.05%。

3 合金的锻造开坯工艺

合金的锻造开坯工艺包括钢锭的加热规范,最高加热温度,始锻温度、终锻温度和锻后冷却方式。

3.1 钢锭的加热规范

在加热过程中需要考虑由钢锭表面和中心部位的温差而造成的热应力。典型钢种的导热系数

示。快速浇注上冒口时应覆盖保温材料。Cr-Mo 钢钢锭要埋灰缓冷,Cr-Ni 钢钢锭空冷即可。从表1可以看出,所炼制合金的化学成分符合 ASTM A182-78 标准对 Cr9Mo、1.25Cr0.5Mo、Cr25Ni20 合金的化学成分要求。钢锭无须去除冒口和扒皮即可锻造开坯。

随温度的变化如图4所示^[2]。从图中可以看出碳素钢的导热系数随温度的升高而减小,高合金钢的则增大,温度大于900℃时各种钢的导热系数趋于相同。因此合金钢的加热应遵循低温下缓慢加热,高温时可随炉加热的加热规范。800℃以下的加热速度不超过100℃/h,800℃以上随炉加热,800℃时的均热时间以0.70~0.75 min/mm计,最高加热温度下的保温时间以0.8~1.0 min/mm计。

3.2 钢锭的最高加热温度、始锻温度和终锻温度

参照锻压手册^[3]选定各种钢锭的锻造工艺参数,如表2所示。开坯后的锻坯的最高加热温度、始锻温度可适当降低20~30℃。

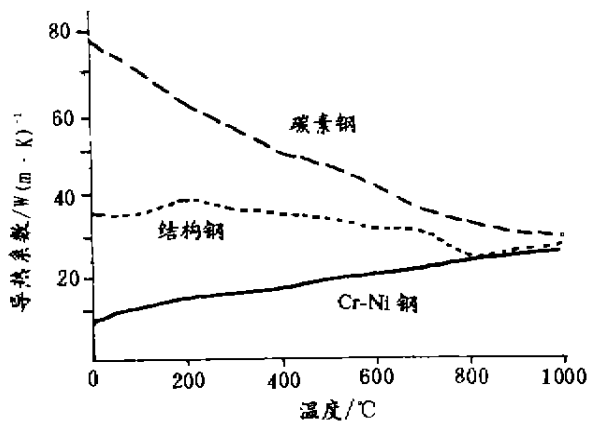


图4 典型钢种的导热系数随温度的变化

3.3 锻后的冷却方式

锻后 Cr-Mo 钢需埋灰缓冷, Cr-Ni 钢可空冷。

表3 ASTM A182-78 规定的性能和炼制合金的力学性能

| 合金牌号 | σ_b /MPa | $\sigma_{b.c}$ /MPa | δ_5 /% | ψ /% |
|------------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------|
| Cr9Mo (标准) | 379 | 586 | 20 | 40 |
| (正火+回火) (炼制) | 505 | 668 | 20 | 64 |
| 1.25Cr0.5Mo (标准) | 276 | 483 | 20 | 35 |
| (正火+回火) (炼制) | 463 | 633 | 23 | 64 |
| Cr25Ni20 (标准) | 207 | 517 | 30 | 50 |
| (固溶) (炼制) | 293 | 613 | 47 | 59 |

5 底注钢锭的成品率和成材率

试验中,浇注了6支100kg的Cr9Mo锭,4支200kg和2支100kg的1.25Cr0.5Mo锭,2支100kg的Cr25Ni20锭。开坯后所有钢锭表面和内部质量均达到标准所规定的要求,因此可以认定,底注钢锭在合理的锻造工艺条件下的成品率为100%。

Cr9Mo锭开坯后进行小型法兰锻造,1.25Cr0.5Mo锭开坯后进行大法兰和加强接头锻造, Cr25Ni20锭开坯后进行拉杆锻造。经计算,底注钢锭锻造的成材率可高达85%,比普通钢锭的成材率提高10%以上。

6 结论

(1)钢锭模设计合理,用这种钢锭模能生产出

表2 合金钢钢锭的锻造工艺参数

| 钢种 | 最高加热温度 | 始锻温度 | 终锻温度 |
|-------------|--------|------|------|
| Cr9Mo | 1130 | 1120 | 850 |
| 1.25Cr0.5Mo | 1160 | 1150 | 850 |
| Cr25Ni20 | 1160 | 1150 | 850 |

4 试验用合金钢的热处理工艺和力学性能

试验钢的热处理工艺为:Cr9Mo钢,900℃正火+650℃回火;1.25Cr0.5Mo钢,930℃正火+650℃回火;Cr25Ni20钢,1100℃固溶。

热处理后测得的合金的性能及标准规定的性能如表3所示。从表中可以看出,经热处理后试制的锻造合金的性能达到了ASTM A182-78标准所规定的要求。

质量符合锻造开坯要求的钢锭。

(2)制订的合金锻造工艺合理,保证了钢锭开坯的质量。所锻制合金经适当热处理后其力学性能达到了ASTM A182-78标准的要求。这种底注模成型技术还可推广到Cr钢、Mo钢等特种钢,解决其原材料供应难题。

参考文献

- 1 ASTM A182-78. 高温作业管道用锻造或轧制合金钢法兰及锻造附件阀门及部件. 1979
- 2 李尚健. 锻造工艺及模具设计手册. 北京:机械工业出版社,1991
- 3 中国机械工程学会锻压学会. 锻压手册. 北京:机械工业出版社,1993

陈继志:男,高级工程师,1963年生,1988年毕业于西北工业大学铸造专业,获硕士学位,主要从事耐热钢等方面的研究。