Cr12MoV 锻钢冷轧辊坯的试制

邢台机械轧辊（集团）有限公司 （河北 054000） 王同路 杜修华 苏俊奇

TG31 B

随着黑色和有色工业的发展，轧材的精度、轧制速度越来越高，对轧辊各项性能的要求也越来越高。Cr12MoV 轧辊具有高的硬度、良好的耐磨损性能、足够的强度和韧性等特点，适于承受压力大、轧材成品精度高、高速轧制的苛刻工作条件。

该冷辊的技术要求如下：

（1）化学成分 化学成分为 Cr12MoV，执行 GB/T1299—2000。

（2）探伤要求 逐步进行超声波检验，检验标准按 GB/T13315—91A 级。

（3）低倍组织检验 不允许有裂纹、白点、缩孔和气泡等缺陷；一般疏松≤1.5 级，中心疏松≤1.5 级，点状偏析≤2 级。

（4）高倍组织检验 珠光体 1～3 级；共晶碳化物≤5 级。

要保证这种新材料的轧辊一次试制成功，难度非常大。为此我们在生产前做了充分的技术准备，对可能出现的各种技术疑难问题进行了预测，并制订了预防措施。轧辊的生产工艺流程为：炼钢→铸电极→电渣重熔→热送→锻造→锻后热处理→粗加→探伤及检高、低倍→入库。在生产全过程中进行了现场质量指导、把关，现已成功地制造出七支大型冷轧辊，质量指标全部符合技术标准。

1. 制造难点

（1）Cr12MoV 钢塑性低，易产生锻造裂纹。且属于莱氏体钢，在结晶过程中由于组织的变化，形成大量的共晶碳化物和二次碳化物。共晶碳化物呈粗大的鱼骨状，具有很大脆性，塑性极低。二次碳化物大都围绕晶界析出而形成网状。这些碳化物的存在使锻造时热效应显著，加之该钢共晶温度低，在加热过程中易产生过热和过烧现象，造成裂纹。

（2）Cr12MoV 钢变形抗力大，锻造温度范围窄。相同锻造温度下的变形抗力较碳钢甚至普通合金钢要高好几倍，而且随着变形程度的增加，变形抗力也显著增加，即硬化倾向性大。该材质合金化程度高，当温度高时，在晶界易出现低熔点物质，还会形成 δ 相固溶体，晶粒还有过分长大的危险，所以始锻温度低。而其再结晶温度高，变形抗力大且塑性低，不允许终锻温度过低，锻造温度范围窄。

（3）该材质轧辊属于大锻件。目前我国生产的 Cr12MoV 冷轧辊直径一般小于 100mm，当要求冷辊直径达 235mm 时，即要求这种材质的大直径的轧辊达到预定的标准时，需要有足够的变形量，才能使变形深入锻件中心，击碎碳化物。

（4）性能组织要求高。技术标准要求检测高、低倍，疏松、偏析及共晶碳化物的要求都比国家标准高，因此，锻造击碎碳化物所需的充分变形与 Cr12MoV 的低塑性导致锻造裂纹，是锻造的主要矛盾。因此，必须在技术参数上进行综合分析解决。成品基体组织为马氏体＋共晶或二次碳化物＋少量的残奥，要求淬火加回火，这就要求锻后退火处理得到细小、弥散的共晶碳化物和点球状珠光体。

2. 技术对策

围绕这些锻钢轧辊坯的制造难点，我们采用以下措施逐一解决了上述各项问题。

（1）为提高锻件质量，减少锻造裂纹，要求提高钢液的纯净度，减少化学元素的偏析，为锻造创造条件。

由于技术条件中有超探检测及高低、倍检验，要保证锻造达到预期的目的，就要提高钢液的纯净度，减少化学元素的偏析，提高锭坯的表面质量。为使辊坯一次检验通过，经反复研究采用电炉冶炼→炉底吹氩→铸造电极→电渣重熔→热送方案，可以完成下列任务：①炼成化学成分范围很窄的钢种，做到钢中成分最佳搭配。②钢包内吹氩搅拌，可使钢液中合金元素非常均匀。③电渣重熔能有效地去除原电炉钢中的 P、S 等非金属夹杂物和其他有害杂质。④热送确保电渣锭质量，避免裂纹倾向产生。

选择和采用上述先进技术后，提高了轧辊坯的纯净度，减少了偏析，对再次提高锻件内部的质量

做好了铺垫。

(2) 加热采用高温扩散处理工艺。

一般情况下，随着材质中 Cr 含量的增加，必然使冷轧辊锻坯中出现更多的液析碳化物和带状碳化物。为消除和改善液析碳化物，降低带状碳化物级别，对电渣锭进行高温扩散是十分必要的。即在锻造前延长电渣锭在锻造温度下的保温时间，以此实现对电渣锭的高温扩散，尽量使钢中合金元素扩散均匀。这些工艺措施有利于提高锻件组织的致密度，创造细化晶粒条件，保证锻件的均质性。但 Cr12MoV 钢共晶温度低（约 1150℃），稍不注意就易过烧，加热时要严格控制上限温度。加热工艺如图 1 所示。

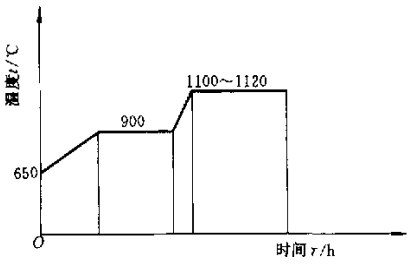


图 1 加热工艺

(3) 在水压机上采用上平、下 V 型砧拔长锻造，降低锻造裂纹产生，保证心部充分锻透。

考虑到我公司的炼钢能力及钢锭利用率，为使锻件获得最佳的经济效益，决定采用 1.5t 电渣锭。

锻造冷轧辊坯重量及锻造锭型如表 1 所示。

表 1

锻件重量/t	最大直径/mm	锭型	平均直径/mm	锻比	利用率
1.2	280	1.5	450	2.58	80%

锻造的目的是把电渣锭粗大的共晶碳化物打碎，使其分布均匀。生产实践证明，拔长比镦粗对改善碳化物分布的效果显著，一般认为是由于镦粗时轴心偏析部分横截面尺寸增加，而拔长时从不同方向打击金属，将碳化物沿拔长方向拉长，使中心粗大、堆积的碳化物有不同程度的击碎，锻比愈大，碳化物被粉碎愈细，分布愈均匀。但过大的拔长比容易造成碳化物带状组织。考虑我公司实际情况，采用 1.5t 电渣锭，平均直径为 450mm，锻比 $k=2.58$。

一般认为，上、下平砧锻造可以较好地改善锻件中心疏松和碳化物的分布，但 Cr12MoV 钢塑性低，用上、下平砧锻造压下量较小，常常产生内部裂纹。而设备能力足够，采用上平、下 V 型砧拔长锻造，限制金属横向流动，迫使金属沿轴向伸长，防止内部裂纹产生，也提高了拔长效率。同时，为避免表面横向裂纹的产生，将砧子侧面倒一圆角。而为保证锭中心缺陷能被有效改善，我们采取以下措施：①锻造采用“轻-重-轻”锻造方法，即铸坯状态时变形量要小，初步破碎铸造组织，以焊合皮下气泡。锻造终了时轻击避免产生裂纹。主要变形要控制在 950～1050℃塑性较好的范围内进行，使变形深入中心，击碎碳化物。②因在水压机上拔长，砧子较宽，相当于宽砧锻造，使心部能有充分锻透。送进量一般控制在 0.7～0.8H 左右（H 为坯料高度），每次压下量控制在 20～30mm 左右（单面），顺序拔长。③严格控制锻造温度。④拔长时，不要出现尖角，以免角上温度过低开裂。若发现有细小裂纹，及时清除，避免裂纹继续扩大。

(4) 锻后热处理 为防止产生白点，消除锻造应力，改善锻造组织，降低硬度，细化晶粒，保证超声波探伤，以及为切削加工和最终热处理创造组织条件，决定采用图 2 所示锻后热处理工艺。

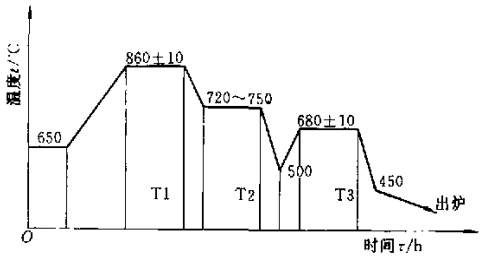


图 2 锻后热处理工艺

锻后热处理的工艺特点：①此轧辊锻造过程中易出现局部过热，造成锻件粗晶组织和较大的残余应力、组织应力和锻造残余应力，以及氢析出过程中产生的应力综合作用所形成的白点，故在制定锻后热处理工艺时，需要缓慢加热到 850～870℃，以减少锻件中残余应力，细化晶粒，使氢在整个截面上分布均匀，降低锻件对白点的敏感性。②在接近临界温度 A_1 时长时间保温，利用片状渗碳体的自发球化趋势球化，以获得点球状珠光体和颗粒状共晶碳化物，改善切削加工性，并为随后的终处理作好组织准备。③利用氢在 α-Fe 组织状态下的溶解度小，扩散速度较大，680℃利于提高氢在α相

（下转第 59 页）

增大（减小）导致 l_1 减小（增大）。然而设计的辊锻模 λ_2 不变，即辊锻模型槽各段角度不变，从而造成了第一道相对第二道滞后（或超前），即图2中楔形段“A”区出飞边（或缺肉），楔形段“B”区缺肉（或出飞边），且越远离始辊位置（钳口端）道次越不匹配，甚至相差几十个毫米。另外，需要指出的是，辊距调整只影响道次匹配和未辊区段的长度，并不影响辊出的每道辊坯变形区段的长短。因此，正确而又适当的辊距调整可以满足辊锻道次的匹配。

我厂 29Z33—04028 连通轴的锻造成形工艺是在 ϕ930mm 的辊锻机上辊锻两道后（总长1300mm，中间辊锻长度达 620mm），直接压弯成形，没有模锻成形。因此对两道辊锻的道次匹配要求极严（仅 3～4mm），以免造成大量的废品。该零件生产中必须严格调整好辊距，再辅以辊锻模少量的楔形段修正，便可保证辊锻质量。

另外，辊距调整时，从对辊坯的观察和测量还可以看到，变形量大的截面，在辊距调整减小时，第一道充不满系数明显增大，严重时整个等截面段出现飞边，而第二道则充不满；辊距调整增大时，第一道充不满系数变小，而第二道充不满系数增大，严重时整个等截面段出现飞边，但第二道相对第一道影响变化不够明显。正是在型槽设计时增加了修边角，才避免了辊距调整时辊坯等截面区段飞边的出现。另外，辊距调整时充不满系数的变化，与伸长率以相同的规律影响辊锻道次的匹配，只是效果轻一些。当然，如果两边的楔形段都出现耳朵（或缺肉），此时调整辊距就没有意义，只能靠修改模具型槽来解决。

4. 结语

（1）在辊锻模截面设计时，增设第一道型槽椭圆截面修边角可以增加辊锻工艺的稳定性，相应地适当加大第一道的伸长率即轴长比，使得计算出的截面积与实际辊坯更接近，有利于道次的匹配；型槽纵向尺寸设计时，前滑值的选取要考虑各种影响因素，并一定要考虑相应矩形，使得计算出的尺寸更接近实际，辊锻道次匹配比较精确。

（2）当辊距调整减小（或增大）时，辊锻的总伸长率和各道次的伸长率都增大（或减小）。第一道充不满系数增大（或减小），第二道充不满系数减小（或增大），第一道相对第二道滞后（或超前）。因此，正确而又适当的辊距调整可以协调辊锻道次的匹配。 (20020928)

（上接第 55 页）

中的扩散能力，有利于氢的析出。

3. 检验结果

（1）化学成分　生产的两炉炉号分别为 1—477 和 1—571，成分控制在钢的搭配范围内，电渣锭表面光滑，主要化学成分及电渣锭热送情况见表 2。

表 2

炉号	C	Si	Mn	Cr	Mo	热送
1—477	1.6	0.24	0.28	11.05	0.41	正常
1—571	1.5	0.25	0.29	11.39	0.46	正常

（2）超声波检测　共锻制 9 支电渣锭，锻造裂纹 2 支，轧辊坯 7 支，超探全部合格，合格率为 77.8%。

（3）低倍组织检测　低倍组织检测均符合技术标准要求（见表 3）。

表 3

低倍组织	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
一般疏松（级）	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5
中心疏松（级）	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
点状偏析	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

（4）高倍组织检测　高倍组织检测结果均符合技术标准要求（见表 4）。

表 4

高倍组织	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
珠光体	1	2	2	2	1	2	1
共晶碳化物	3	5	4	4	3	2.5	2

4. 结语

（1）锭型对质量的影响　电渣锭与铸锭比顺序凝固好，表面状态较光滑，偏析轻，夹杂物不易聚集，满足了轧辊生产需要，保证了轧辊的质量要求。

（2）锻造工艺对质量影响　Cr12MoV 钢塑性低，在平砧上锻造易开裂，因而采用上平、下 V 砧拔长锻造。由检测结果可以看出，此方案对碳化物的击碎都达到标准要求，并有效地控制了裂纹的产生。

（3）设备吨位对质量的影响　由检测结果看出，水压机上锻造 Cr12MoV 钢大轧辊，锻比 $k=2.58$，设置具有足够的吨位，锻件心部得到了充分锻透。 (20020930)