500MN大吨位垂直热挤压钢管机组产品应用分析

河北宏润重工股份有限公司 （盐山 061300） 刘 强 曹铜壁 李文亮

2012年12月16日，中国重机协会受国家工信部委托对我公司“500MN垂直热挤压机组”进行了新产品鉴定，与会专家在听取了公司机组研制总结汇报，以及考察了生产现场机组设备与挤压钢管产品后，一致鉴定认为该机组处于国内领先，达到国际先进水平。

该垂直热挤压机组主要适用于制造高温变形抗力的高端稀缺合金材料成形，目前在国内外拥有较少。国外有美国威曼•高登公司、德国曼内斯曼公司、日本住友公司等可以生产，国内内蒙古北方重工集团拥有150~360MN钢丝缠绕式垂直挤压机生产线。当前，国内用于核电、火电、石油化工、军工等领域高温、高压、耐腐蚀等恶劣环境下特种高端合金无缝钢管及管件成形工艺中，需求量连年增加。但我国生产此类产品的重型装备制造水平不足，大部分需要高价进口。

500MN垂直热挤压机组主要制造优点：一次成形，加热火次少，材料热变形中组织平稳；经受三向挤压后，组织均匀、致密，挤压成形钢管具有良好的抗腐蚀、抗疲劳性能；挤压钢管内外表面质量高，壁厚偏差极小；能耗少，材料利用率高；特别适宜制造高温变形抗力大的高端合金产品等。

1. 挤压机组特点介绍

（1）挤压作业 500MN垂直热挤压生产机组两台主机实物作业是160MN制坯机（见图1）与500MN热挤压机（见图2）。

（2）挤压设备能力 500MN垂直热挤压机组，不仅能够生产最大外径ϕ1320mm无缝钢管、巨型铸管模、核电球形封头、高压阀门阀体，满足核电、火电、石油化工、煤化工等行业需求，且可以应用到火箭、导弹、航空航天、船舶、军工产业等高端技术领域内，挤压高温合金、不锈钢、镍基

图1 160MN制坯机

产生裂纹倾向越大的原因并非高温引起残余应力过高，而是高温导致淬火组织粗化，断裂强度降低。

3. 结语

（1）借助Deform-3D 有限元软件模拟分析了锻钢活塞锻后余热淬火过程，得出锻件锻造过程材料流动，工件淬火后残余应力的分布，活塞底部凹槽处为产生裂纹缺陷危险部位。

（2）淬火加热温度愈高，淬裂倾向愈大，并不是由高温热处理宏观应力增大引起的，温度过高导致晶粒粗大、断裂强度降低才是其根本原因。

MW （20131113）

图2 500MN热挤压机

合金、钛合金等高端稀缺合金材料的金属管材和型材。如此大吨位挤压机组设备的投产对打破国外技术和产品双重垄断，实现高端产品国产化，加快民族装备制造业振兴，提升国内企业自主创新能力，具有重大意义。

该机组的应用前景非常广泛，年设计产量10万t无缝钢管，其具体应用制造产品规格、材质、执行标准为：挤压钢管规格尺寸范围，外径ϕ406～ϕ1320mm，壁厚20～240mm，长度4000～12000mm。材质、产品标准详见表1常规无缝钢管和表2高端合金无缝钢管的具体技术要求。

表1 常规无缝钢管技术要求

标准	材质	标准	材质
ASME SA-335	P11/P12/P22/P91/P92	DIN 17175	13CrMo44
ASME SA-376	TP304H/TP304L/316LN	EN10216-2	P235GH/E335J2H
ASME SA-106	106B/106C	GB9948	12CrMo/12Cr2Mo
DIN 17175	WB36/13CrMo44	GJB2608	30CrMnSiA
GB5310	20G/15CrMo/12Cr1MoVG/07Cr19Ni10	GB18984	16MnDR/09Mn2VDG
RCC-M	P280GH	GB6479-2000	10MoWVNb/12SiMoV
JB/T6396	20MnMo/35CrMo/34CrNi3Mo	GB8162/8163	35CrMo/42CrMo/32CrMo4
API 5L	X52/X60/X70/X80	GB3077	20Cr/40Cr/20CrNi/38CrMoAl/20CrMnTi/GCr15
ASTM A213	T5/T9/T11/T22/T91/T92/T122/T911		
DIN	21CrMo10		

表2 高端合金无缝钢管技术要求

合金种类	材质	合金种类	材质
镍基合金	600/625/690	马氏体铁素体不锈钢	409/410/420/430
Inconel	800/800H/825		439/431/440/444
Incoloy	400/K-500	耐温耐蚀/稀缺不锈钢	309S/310S/TP347H/TP347LN
Hasterlloy	B2/C22/C267		TP304H/TP304N/TP316H/316Ti
Monel	G3/G30/XH	核电/高压锅炉/石化用稀缺不锈钢	S30803/S31805
超级双相不锈钢	F44(254SMo)/F51(2205)		S31042/2Cr25N/Cr13
	F55/F60/F53(2507)		S30432/超级304
高合金奥氏体不锈钢	904L/25-6Mo		TP310HCbN/18Cr2Mo
	AL-6XN/20Alloy		镍基690

2. 挤压成效检测

具体产品毛坯管壁厚测试示意如图3所示，毛坯管壁厚偏差测试结果见表3，挤管常温组织与力学性能检测结果分别见表4、表5，金相组织如图4所示。

2012年6月29日，500MN热挤压机组顺利挤压出此根大口径ϕ610mm×39mm无缝钢管后，该机

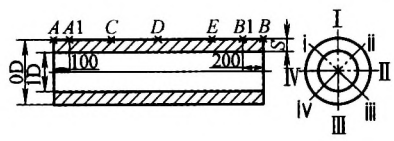


图3 毛坯管壁厚测试示意

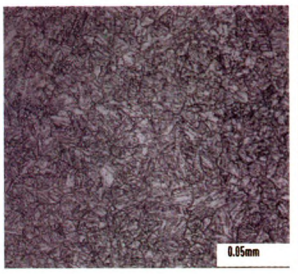
组在不断生产试制不同材质合金钢管，且已经连续按合同批量生产，实践证明该机组生产运行平稳可

靠，工作精度高，维护方便，保证挤压无缝钢管质量要求。

截至目前500MN热挤压机组所挤压生产的SA-1O6C、15CrMo、12Cr1MoV、P22、P91、P92、304H材质钢管外形尺寸及内部质量也达到甚至超过了规定要求。3种合金P91、P92、304H钢管产品经国家钢铁产品测试监督中心检验合格，均完全满足产品标准质量要求。

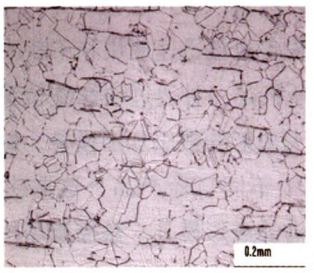
表3 毛坯管壁厚偏差测试结果 (mm)

产品	挤压毛坯管壁厚					壁厚偏差
	位置	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	/
SA-335P91 (T12/1930-2-2) φ762mm×40mm ×6400mm	A1	47.7	45.2	47.4	49.5	4.3
	C	48.7	45.4	47.1	49.3	3.9
	D	48.3	43.9	47.6	47.0	4.4
	E	49.6	46.3	45.9	47.9	3.7
	B1	47.8	43.2	46.1	45.2	4.6
SA-335P92 (09121-3-2) ID457mm×82mm ×6070mm	A1	92.2	96.6	94.3	96.6	4.4
	C	90.5	95.3	92.6	95.6	5.1
	D	92.4	96.8	95.3	95.5	4.4
	E	99.2	98.1	96.0	94.4	4.8
	B1	94.4	99.3	99.4	98.5	5
SA-312TP304H (07633-3) φ610mm×39mm ×7100mm	A1	44.4	49.3	49.4	48.5	5
	C	49.2	48.1	46	44.4	4.8
	D	45.5	47.3	46.6	48.6	3.1
	E	44.6	46.6	49.3	46.6	4.7
	B1	45.5	48.3	49.2	47	3.7



(a) P91 晶粒度8.5级

(b) P92 晶粒度9级



(c) 304H 晶粒度5.5级

图 4

表4 挤管常温组织

材质（炉号）	R_m/MPa	R_{eL}/MPa	A（%）	A_{KV}/J	晶粒度/级	相组织
SA-335P91 (T12/1930-2-2)	≥585	≥415	≥13	171/164/183	8.5	回火M
	685/680/685	530/515/520	25.5/27.0/26.5			
SA-335P92 (09121-3-2)	≥620	≥440	≥13	113/108/124	9.0	回火M
	750/785/735	630/635/610	20.5/20/23.5			
SA-312TP304H (07633-3)	≥515	≥205	≥35	不要求	5.5	奥氏体
	598/585/586	348/326/335	59.5/61.5/63			

表5 高温力学性能

材质（炉号）	高温600℃力学性能			高温650℃力学性能		
	R_m/MPa	R_{eL}/MPa	A（%）	R_m/MPa	R_{eL}/MPa	A（%）
SA-335P91 (T12/1930-2-2)	365/365/375	315/310/300	24.5/26.5/23	290/295/295	235/230/235	20/27/36
SA-335P92 (09121-3-2)	445/440/350	400/400/350	28/30.5/25.5	365/365/360	305/305/300	37.5/33.5/27

3. 结语

（1）大吨位500MN热挤压机组通过大批量生产运行证明该机组设备结构、工装模具设计科学合理，实用可靠，工艺先进成熟。

（2）从挤压的钢管外观尺寸、内外表面、组织与性能，以及材料利用率等方面来看，该机组一次挤压生产钢管完全满足产品标准质量要求。

（3）制造高温变形抗力大的特种合金高端材料，才能充分发挥500MN垂直热挤压机组制造优势，并推动高端稀缺合金材料国产化研制。**MW**

(20131113)