

贫铀药型罩及其聚能射流

王铁福 阮文俊 朱鹤荣 周箭隆

(南京理工大学 南京 210094)

张智深 汤慕舜 王恩厚 刘生

(国营二〇二厂 包头市 014035)

摘要 通过对贫铀药型罩的静破甲实验,研究了不同热处理工艺,不同的材料纯度对聚能射流质量的影响。指出合适的淬火工艺对细化晶粒,消除或缓解择优取向起着重要作用;杂质在退火过程中向晶界偏析,使射流在伸长过程中出现晶界脆性断裂是影响射流质量的重要原因。

关键词 聚能射流 爆炸 贫铀

中图分类号 O 385 TP 604

1 前言

聚能射流原理是把炸药的能量通过空心效应集中到一个圆锥形、球缺形或楔形的药型罩上,使药型罩压跨并向轴线聚合从而形成高速金属射流的技术,通常聚能射流的头部速度高达8~10km/s。当这股射流与靶板相遇时便会对靶板进行侵彻和贯穿。

影响聚能射流侵彻能力的因素很多,除了装药结构、炸药性能、起爆方式外,药型罩是一个非常重要的部件。理想的药型罩不仅要具有精确的几何形状,而且还需要材料密度高、动态延展性好。为了提高射流对靶板的侵彻能力,要尽量选用密度高的重金属及其合金,如钨铜合金、钨铁镍合金等作为药型罩材料^[1~3]。贫铀也因其密度高机械性能好而倍受重视。然而用于聚能药型罩的贫铀材料必须经过特殊的工艺处理,使它在纯度、晶粒度、晶粒形状,择优取向,再结晶温度等方面满足药型罩的要求。

我们通过对贫铀药型罩的静破甲实验,研究了不同热处理工艺,不同的材料纯度对聚能射流质量的影响,指出了合适的淬火工艺对贫铀晶体组织细化和对各向异性的控制作用;分析了杂质对射流断裂行为的影响,指出杂质在退火过程中向晶界偏析,使射流在伸长过程中出现晶界脆断是影响射流质量的重要原因。

2 贫铀材料的基本性能

贫铀是核工艺生产中的副产品。从工程角度来说,贫铀的最大特点是密度大,机械加工性能好,在聚能金属药型罩的选材上具有很好的前景。

贫铀在固体状态下具有三个同素异性相态, 低于 688℃ 是 α 相态, 呈斜方晶格, 其延展性随温度增加而增加。从 688℃ 到 775℃, 金属处于 β 相态, 呈正方晶格, 其机械性能很脆, 不能加工。从 775℃ 到熔点, 金属处于 γ 相, 呈体心立方晶格, 在这一相态下材料表现出很好的延性和比较低的强度。

贫铀是一种各向异性非常强的材料, 其性能与加工工艺, 轧制方向有很大关系。无论是铸造铀还是在 γ 相加工过的铀, 一般晶粒很大, 平均直径可达 2~3 mm。此外, 贫铀在加工过程中很容易氧化和被热水酸腐蚀。

3 实验设计和实验结果

用于本项研究的基本装药结构为: 药型罩锥度为 48°, 弹径为 30 mm, 壁厚为 0.9 mm, 采用 8701# 炸药, 起爆方式为 8# 雷管准点起爆。

实验目的是了解和研究不同淬火工艺及不同的杂质含量对射流性能的影响。实验所使用的贫铀材料分为两组, 分别记以 G I 和 G II。G I 组材料除淬火工艺不同外, 其它条件完全相同。根据淬火工艺的差别再将 G I 组中的试件分成两组, 分别记以 Q1 和 Q2。G I 组材料除主要杂质含量不同外, 其它条件均相同。根据杂质含量的差别, 将 G II 组中的试件再分成 4 组, 分别记以 P1、P2、P3、P4, 从 P1 到 P4 主要杂质含量依次减小。

射流的质量可以采用不同的方式加以评价。闪光 X 光照像是观察射流形态和评价射流质量的最好方法。其次是以射流对靶板的侵彻深度来评价射流。鉴于贫铀材料仍具有一定的放射性污染, 实验又缺乏必要的防护措施, 因此, 本实验采取了第二种评价方法, 即直接测量射流对靶板的侵彻深度。表 1 列出了两组材料的静破甲实验结果。表中的穿深及平均穿深数据是以紫铜对靶板穿深为基准的相对值, 杂质含量也是以标准贫铀杂质含量为基准的相对值。

表 1 静破甲实验结果

Table 1 The experimental results of penetration

组别	批号	杂质 相对含量	弹序	入口孔径 /(mm)	相对穿深	平均穿深	
G I	Q1		1	10×10	1.2	0.69	
			2	14×14	0.5		
			3	15×11	0.38		
			4	18×15	0.72		
			5		0.66		
	Q2			1	17×18	1.12	1.09
				2	16×16	1.1	
				3	13×11	0.95	
				4	13×12	1.09	
				5		1.19	

续表 1 Table 1 (Continued)

组别	批号	杂质 相对含量	弹序	入口孔径 /(mm)	相对穿深	平均穿深	
G I	P1	4.4	1	12×13	0.53	0.56	
			2	17×15	0.65		
			3	12×13	0.93		
			4		0.6		
			5		0.82		
	P2	4	1	12×13	0.53	0.7	
			2	17×15	0.65		
			3	12×13	0.93		
			4		0.6		
			5		0.82		
	P3	3.6	1	14×14	0.8	0.72	
			2	19×17	0.68		
			3	14×13	0.8		
			4	13×12	0.59		
			5				
	P4	1.6	1	17×18	1.12	1.05	
			2	16×16	1.1		
			3	13×11	0.95		
			紫 铜			1	基准

从以上实验结果可以看出,在 G I 组材料中,Q2 淬火的试件其破甲威力比 Q1 淬火的试件要高。在 G II 组材料中,随着杂质含量的减少,射流侵彻能力提高。可见淬火工艺和材料的杂质含量对射流质量起着举足轻重的作用。

4 实验结果分析

理想的药型罩除了要具备精确的几何形状外,还要求罩材料的组织均匀,尽可能消除或减弱在加工过程中形成的组织。然而正像前面所说的,无论是铸造贫铀还是在 γ 相加工的贫铀,晶粒非常粗大,而且伴有严重的组织,这是药型罩所不期望的。

适当的淬火工艺可有效地消除或缓解组织,同时使晶粒得到细化。晶粒的细化程度取决于淬火时的冷却速率,冷却速率越高,晶粒越容易得到细化。晶粒细化又可缓解组织,从而使罩材料具有均匀对称的显微组织。

射流的侵彻能力是与射流断裂之前的连续射流长度成正比的。这就意味着材料要具有非常好的动态延展性。材料的动态延展性与材料的显微组织如晶粒度、晶粒形状、再结晶温度有着密切关系^[4~6]。聚能射流的断裂行为一般分为三种。(1) 延性断裂,这种断裂行为一般形成长细比较大的断裂颗粒,其长径比大约在 4.5~5 的范围内。(2) 脆性断裂,其长径比大约在 1 左右。(3) 粒子型断裂,主要是粉末冶金的断裂,断裂时形成雾状弥

散颗粒。这三种断裂模型的差别表示在图 1 中。脆性断裂不能使射流充分伸长,因而侵彻能力就很差,这种断裂是人们所不希望的。

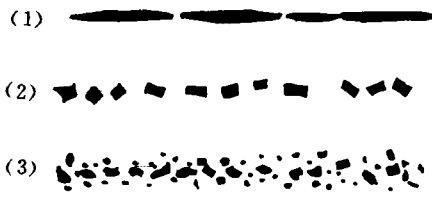


图 1 射流断裂模型

Fig. 1 Models of shaped charge jet break up

脆性断裂可分为解理断裂和晶界断裂,解理断裂的解理面是沿一定的结晶学平面。晶界断裂是由于晶界上有第二相或溶质原子的偏聚使晶界脆化。例如,紫铜中含有氧、铋、铅、硫等微量元素,这些元素有的和铜形成共晶体。在热处理过程中这些共晶体向晶界偏聚,一旦温度高于等强温度限,则会发生材料的热脆断裂。贫铀中同样含有氧,碳,铁等微量元素,在热处理的过程中,这些元素会形成

脆性铀化物,并向晶界偏聚。热处理温度提高,偏聚作用加剧,材料也越容易发生热脆断裂。贫铀中的硫氧也会与铀形成共晶体,当含有这种共晶体的贫铀在含 H_2 的气氛中退火时,则 H_2 进入贫铀内,并与其中的氧化铀发生化学反应形成水,反应形成的水不能扩散出去,一旦遇到高温就会形成极大压力造成晶界处开断。

晶界上的杂质是以两种不同形式的聚集方式形成的。(1) 是扩散聚集;(2) 是晶界迁移。这两种聚集模型在图 2 中示出。扩散聚集是晶粒内部的杂质向晶界偏析的过程。而晶界迁移是晶界沿与其大致垂直的方向移动并与附近的晶界重合。扩散聚集和晶界迁移都会使晶界上的杂质浓度增加。

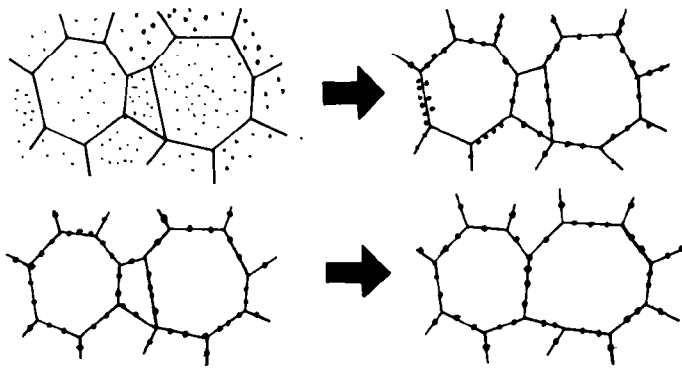


图 2 杂质聚集模型

Fig. 2 Model of impurity concentration at grain boundary

聚能药型罩在形成射流的过程中,在很短的时间内承受巨大的压力和变形,随着应变的增加,射流的温度也在提高,虽然不能做出精确的测量,但据文献报道大约是 $300\sim 800\text{ }^\circ\text{C}$ 的量级。既然射流在其伸长的过程中承受如此高的温度,那么在研究射流断裂机理时,就不能不考虑温度对材料断裂的影响。其中材料的热脆性是首要要考虑的问题。

贫铀以其密度大,机械加工性能好在聚能金属药型罩的选材上已经显示了很好的应用前景,但要达到人们所期望的水平,仍要做很多的工作。

参 考 文 献

- 1 Bransky I, Faibish E, Millers. Investigation of Shaped Charges with Conical and Hemispherical liners of Tungsten Alloys. In: The Proceedings of 9th International Symposium on Ballistics. England, May, 1986, 2~233
- 2 Jamet F, Lichtenberger A. Investigation of Copper-tungsten Shaped Charge Liners. In: The Proceedings of 9th International Symposium on Ballistics. England, May, 1986, 2~237
- 3 Wang Tiefu. Copper-tungsten Shaped Charge Liners and its Performance. In: The Proceedings of 13th International Symposium on Ballistics. Stockholm, June, 1992, WM-10/3
- 4 Chou P C, Carleone J. The Stability of Shaped Charge Jets. J Appl phys. 1977, 48(10)
- 5 Lichtenberger A. Influence of the Structure and Metallurgical State of a Liner on the Performance of Shaped Charge. In: The Proceedings of 6th International Symposium on Ballistics. Orlando, 1981, 237
- 6 David H. Lassils. Correlation between Shaped Charge Jet Break up and Grain Boundary Impurity Concentrations. In: The Proceedings of 13th International Symposium on Ballistics. Stockholm, June, 1992, WM-31/1

DEPLETED URANIUM LINERS AND THEIR SHAPED CHARGE JETS

Wang Tiefu, Ruan Wenjun, Zhu Herong, Zhou Jianlong

(*Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 210094*)

Zhang Zhishen, Tang Mushun, Wang Enhou, Liu Sheng

(*No. 202 State-operated Factory, Baotou, 014035*)

ABSTRACT In this paper, the influence of heat treatments and impurities on the performance of DU shaped charge jet was investigated by fire tests. These fire tests indicate that the presence of embrittling elements at grain boundaries which were formed by segregated impurities is a primary factor in the break up characteristics of the shaped charge jet, and a proper heat treatment can refine the DU grain size as well as eliminate the preferred orientation that develops during working of DU.

KEY WORDS shaped charge jet, explosive, depleted uranium