

金属材料切削时切屑形成过程中第二相形貌变化

吴洛平

(精密机械工程系)

摘要 本文主要研究黄铜、不同形状的石墨和不同基体的铸铁在切削时,其切屑形成过程中第二相的形貌变化. 提出,由于第二相性能、形貌的不同,使金属在切削过程中所需的切削力不同,其切屑的形态也不同.

关键词 切削,切屑,基体,石墨

0 前言

从宏观上看,金属材料切削时,切屑形成过程是塑性变形的过程. 我们在对钢的切屑形成过程的金相显微组织进行观察研究得出,从微观上是塑性较高的铁素体产生大塑性变形,而对硬且脆的第二相 Fe_3C ,不可能产生塑性变形,而是产生破碎、溶解、球化. 但对硬度与基体相似或强度、硬度很低且无塑性的第二相的金属材料,在切屑形成过程将发生怎样的变化? 它们对金属材料在切削过程中的切削力、断屑、切屑形态有什么影响? 本文主要对双相黄铜、以球光体为基的灰口铸铁,以铁素体为基的球墨铸铁、以球光体为基的球墨铸铁及以铁素体为基的可锻铸铁,在不同切削速度下形成的切屑进行观察研究,以探讨这些材料切屑形成过程中其第二相形貌的变化,及对切削过程的影响.

1 试验方法

车削在无级变速车床上进行,利用半正交车削,无冷却液,切深为 1.5mm,进给量为 0.15mm/转,各种材料的切削速度,刀具材料及几何参数如表 1.

黄铜采用连续车削 30s 后,用快速落刀的方法取得样品制成金相试样. 而铸铁大多形成单元切屑,用快速落刀取样很困难,只好在连续切削 15s 左右,取切屑的样品制样,这种取样缺

本文 1992-05-30 收到.

点是无法观察第一变形区的组织变化,但对于第二变形区的组织变化还是可以观察清楚的.取下切屑样品制成金相样品,在金相显微镜上观察,同时把试样深腐蚀后,用扫描电镜观察.

表 1 试样的基体组织和切削参数

试样编号	试样材料	基体组织	切削速度 m/min	刀具材料	刀具几何形状	
					前角 $\gamma(0)$	后角 $\alpha(0)$
1	H62	$\alpha + \beta$	20	高速钢	5	6
2	黄铜		60			
3	灰口铸铁	$P + G$	15	高速钢	5	6
4			45			
5	可锻铸铁	$F + G$	15	高速钢	5	10
6			50			
7	球墨铸铁	$F + G$	15	YG6x	5	10
8			46			
9	球墨铸铁	$P + G$	14.8	YG6x	5	10
10			50			

2 试验结果

2.1 H62 黄铜

H62 黄铜的显微组织为 $\alpha + \beta$, 对其进行显微硬度试验, 测得 α 相为 $143Hv$, β 相为 $200Hv$. 原始组织 α 相呈等轴状, β 相为多边形. 观察 1* 和 2* 试样变化, α 相和 β 相都沿着刀尖转动, 且都发生塑性变形, 形成纤维组织, α 相的变形量非常大, β 相的变形较小(图版 I—1). 2* 试样切屑底部形成滞流层, α 相的晶界已模糊不清, 但 β 相还清晰可见, 被拉长平行于前刀面(图版 I—2).

2.2 以球光体为基的灰口铸铁

3* 和 4* 试样都是以球光体为基的灰口铸铁, 观察结果, 发现基体都没有产生明显塑性变形, 基体的渗碳体也几乎没有发生破碎、转动现象(图版 I—3), 即使在石墨的尖端附近的基体也是如此(图版 I—4). 高速切削下的 4* 试样, 用扫描电镜观察其切屑的最底部, 球光体仍呈片状, 而且位向是任意分布, 渗碳体也没有发现明显的破碎现象(图版 I—5), 切屑的断裂都是沿着平行于剪切面的石墨方向发生.

2.3 以铁素体为基的可锻铸铁

低速切削下的 5* 试样, 在金相显微镜下可清楚地观察到铁素体晶粒被拉长, 而原来团絮状的石墨也随之被拉长, 其位向都平行于剪切面(图版 I—6). 在高速切削下的 6* 试样, 其铁素体基体和石墨的变化规律也一样, 但被拉长的程度小于低速切削(图版 I—7). 在扫描电镜下可以清楚地观察到在切屑的底部有一层很薄的滞流层, 基体和石墨的变形量较大, 位向平行于前刀面(图版 I—8).

2.4 以铁素体为基的球墨铸铁

以铁素体为基的球墨铸铁,在金相显微镜下观察到的基体和石墨变化与可锻铸铁很相似。但在相应的切削速度下,球墨铸铁的基体变形程度较可锻铸铁大,而石墨被拉长的程度比可锻铸铁小(图版 I—1)。用扫描电镜观察高速切削下切屑的底部,基体变形较大,铁素体沿平行于前刀面方向变形,石墨也沿着前刀面被拉长,形成滞流层(图版 I—2)。

2.5 以球光体为基的球墨铸铁

以球光体为基的球墨铸铁低速切削下的 9# 试样,在金相显微镜下可观察到球光体基体产生一定程度的变形,而且位向排列产生变化,球光片接近平行于剪切面,在底部平行于前刀面,而且片状球光体已比较模糊,球光体中的渗碳体也有一定程度破碎,球状石墨被拉长平行于剪切面,但与铁素体为基的球墨铸铁相比,拉长程度较小(图版 I—3)。在高速切削下的 10# 试样切屑的底部形成滞流层,球光体的层片平行于前刀面,渗碳体有明显的破碎现象,石墨被拉长平行于前刀面(图版 I—4)。切屑的中部变形较小,石墨几乎还是圆整,在石墨周围,渗碳体有破碎现象(图版 I—5)。离石墨较远地方,渗碳体破碎不明显。而切屑上部,稍有变形(图版 I—6)。

3 讨论

3.1 H62 黄铜

H62 黄铜在室温下,其金相组织为 $\alpha + \beta'$, α 相是 Zn 溶于 Cu 的固溶体,有良好的塑性,因此, H62 黄铜在切屑形成过程中,不管在第一变形区和第二变形区,都会产生大塑性变形,使得金相组织呈纤维组织。而 β' 是以电子化合物 $CuZn$ 为基的固溶体,在室温下塑性较差,但和钢中的渗碳体相比,还是具有较高塑性,而且,当温度超过 453℃ 时,有序的 β' 相向无序的 β 相转化, β 相具有较高的塑性,在切削时,特别在高速切削时,切屑的温度有可能达到此温度,因此,也具有良好塑性,产生较大塑性变形。但与 α 相相比,由于硬度较高,塑性也较差,故变形量较小。它随着 α 相的大塑性变形而变形,而且还沿着刀尖转动而平行于前刀面。

3.2 铸铁

铸铁是钢的基体加石墨组成的。石墨是具有特殊的简单六方点阵,基面上的碳原子是六面网状分布,相邻两层基面之间网目是错开的。在同一层内,碳原子之间为共价键,原子之间距离较小,结合较强。而层与层之间为分子键,原子之间距离较大,原子结合力很弱,使石墨具有很强的各向异性。石墨片是多晶体,它是由一层层相互叠在一起的小晶体组成,所以,石墨强度、硬度很低,塑性几乎等于零。

3.2.1 以球光体为基的灰口铸铁

灰口铸铁中石墨呈片状,石墨片是由一层层重叠着的六边形平面晶体组成,晶体沿着棱边折断形成不同形状多边形,常见为六边形。在片晶之间镶着金属基体。因此,这种形态的石墨在钢中切断基体的连续性,而且石墨存在,就相当于基体内存在微裂纹,在尖端处还引起应力集中。切削时切屑形成过程中,在切削力的作用下,裂纹沿着原来平行于剪切面方向的石墨尖端发展,基体很快断裂,基体中的铁素体只产生很小塑性变形,所以,切削灰口铸铁时,所需的切削力较小。由于切削力小,所产生的切削热低,因此,渗碳体产生破碎-溶解的可能性就很小,而切屑都形成崩碎切屑,切屑上的石墨片的分布情况与切削前的情况基本一样。另一方

面,由于石墨存在,使得切屑底面与刀具前刀面的摩擦大大减少,也就是说使得金属前刀面的粘结减少,因此,尽管在高速切削下,在切屑的底部观察不到滞流层。按理,在高速切削条件下,还应该存在粘结,这就必然存在滞流层,但由于粘结非常少,或许由于石墨的切割,使得这部分金属粘结在前刀面上,所以,在切屑底部观察不到滞流层。因此,灰口铸铁在切削过程,能量不是主要消耗在切屑的塑性变形和流动,而主要消耗在切屑的断裂上。而由于石墨的存在,使得切屑产生断裂的应力很低,因此,切削灰口铸铁比切削钢所消耗的能量要低得多。

3.2.2 以铁素体为基的

可锻铸铁的石墨是由渗碳体在高温下分解而成,它由一层层小晶体重叠成团絮状。与片状石墨相比,大大降低了对基体金属的切割作用,使得可锻铸铁具有一定的塑性。在切屑形成过程中,其铁素体基体产生一定程度的塑性变形,铁素体的晶粒都沿着平行剪切面方向拉长,在切屑的中部和上部,低速切削比高速切削变形量大,这是因为低速切削切屑变形系数大。在高速切削下,切屑的底部形成滞流层。铁素体晶粒沿前刀面变形,变形量相对较大。团絮状的石墨随着基体的塑性变形被拉长,但它不是原子间的相对滑移或孪生,所以,不是产生塑性变形,而是基体塑性变形产生的力对一层层重叠着的小晶体产生挤压,使得小晶体产生相对滑动重新重叠,沿着基体变形方向重新分布形成片状。当形成片状后,它起到了切割基体作用,使得切屑沿拉长石墨地方断裂。因此,可锻铸铁的切屑形成单元切屑。

3.2.3 球墨铸铁球

球墨铸铁中的石墨呈比较圆整的球状,是在液态凝固时,由一个辐射形对称的小角分枝多晶晶胚,在每个分枝的径向生长速度相同下长大而成的。由于石墨圆整,对基体切割作用更小,与可锻铸铁团絮状的石墨相比,小晶体较小,而且重叠紧密程度较高(图版 I—7,8)。在切屑形成过程中,与可锻铸铁一样,铁素体基体产生塑性变形,随着基体塑性变形,产生的应力对石墨产生挤压,使得重叠小晶体发生相对滑动重新重叠,沿基体变形方向重新分布,但由于石墨原先比较圆整,小晶体重叠的紧密程度较高,所以被拉长的程度较团絮状石墨小,而对基体的切割程度减少,使得基体可产生较大的塑性变形。因此,同样基体的球墨铸铁和可锻铸铁相比,在相应的切削速度下,基体的变形量更大,单元切屑的长度较长。

以球光体为基的球墨铸铁,其球光体比铁素体的强度高、硬度高、塑性低。在切屑形成过程中,基体的变形仅是球光体中的铁素体产生塑性变形,而渗碳体不可能产生塑性变形,所以球光体变形量较小,从宏观上,整个切屑的变形也小。另一方面,由于石墨周围存在渗碳体,当铁素体变形时,对石墨产生的挤压减轻,因此,与铁素体为基的球墨铸铁相比,石墨被拉长的程度较小。与球光体为基的灰口铸铁相比,基体的变形显然要大得多,在低速切削条件下,产生较大塑性变形,使得球光片在金相显微镜下观察已不是很清楚,这说明球光体中的渗碳体发生转动、破碎形成纤维组织。在高速切削条件下,在切屑的底部形成比较明显的滞流层。球光体中的铁素体产生较大的塑性变形,而且渗碳体也产生明显破碎,石墨被拉长平行于前刀面。在切屑中部变形较小,在切屑的顶部产生一定程度的变形。这与钢在切屑形成时的变形很相似,只是由于石墨的存在,使得变形量减少。另一方面由于石墨的润滑作用,使得切屑底部与前刀面粘结减少,所以滞流层中的变形不如钢大,而渗碳体破碎的程度也小,而且由于切削热低,渗碳体发生溶解的可能性较小。

球墨铸铁由于石墨存在,虽然石墨呈球状,但它在基体中形成孤立相,切屑容易沿一定方

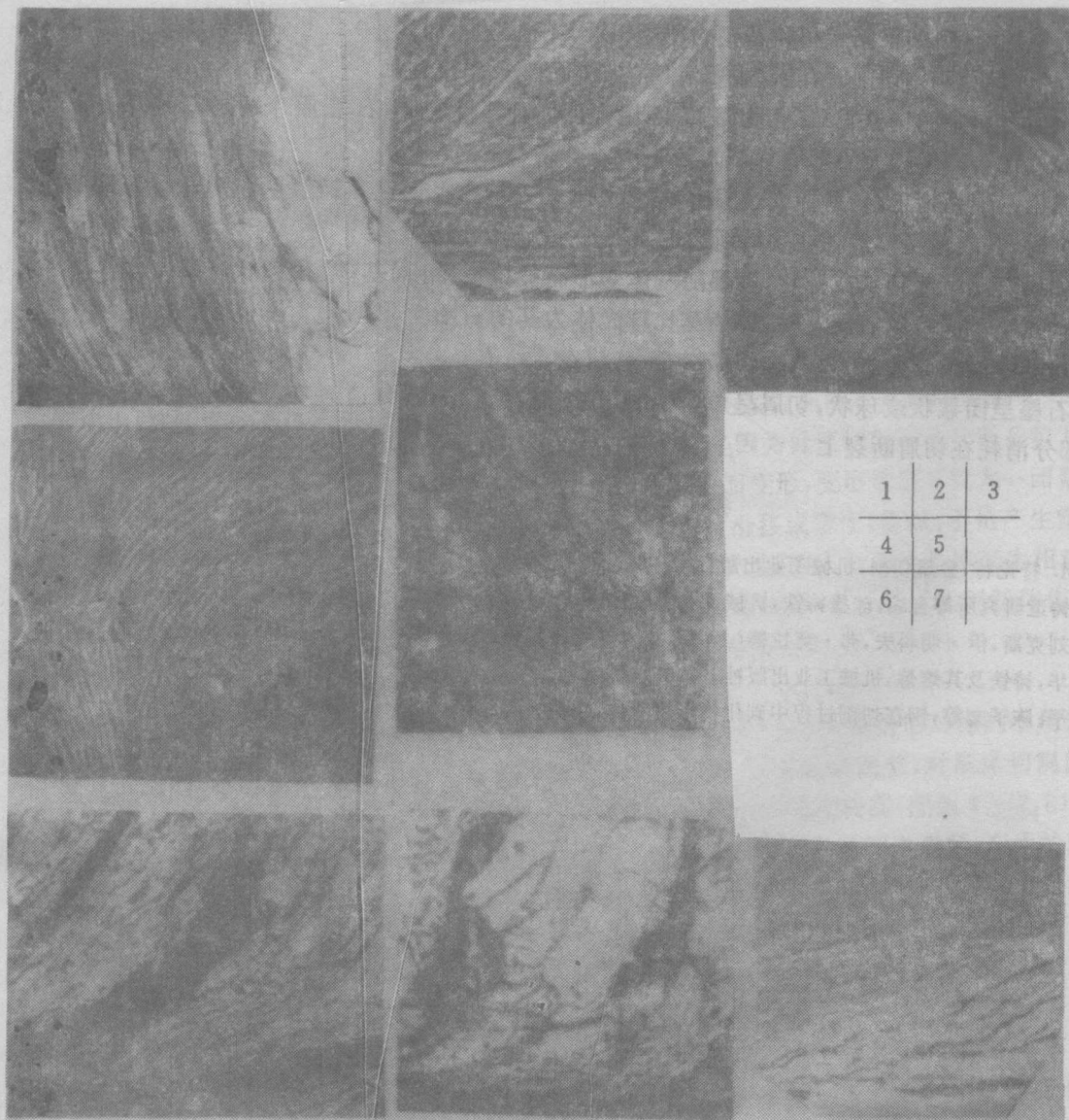
石墨断开,形成单元切屑。

结论

- 1) 金属材料中,如果第二相和基相的硬度相近,或稍高些,那么,第二相随着基体的大变形而发生塑性变形,切削时,能量主要消耗在切屑的变形和流动上。
- 2) 金属材料中的铸铁,第二相为石墨,石墨强度低且塑性也低,石墨原来的形态对铸铁屑形成过程会产生较大的影响。
- 3) 如果石墨呈片状,切屑形成过程中,石墨外形几乎不产生变化。铸铁的切屑形成崩裂。切削时,其能量主要消耗在切屑断裂上。
- 4) 如果石墨呈团絮状或球状,石墨随基体变形而被拉长,相同基体,团絮状石墨比球状石墨变形严重。相同形状石墨,铁素体为基比球光体为基的石墨变形严重。基体变形程度与石墨形态和基体组织有关。
- 5) 石墨呈团絮状或球状,切屑呈单元切屑,切削时,能量一部分消耗在基体变形和切屑形成,一部分消耗在切屑断裂上。

参考文献

- E·M·特论特,金属切削,机械工业出版社,(1980).
- 沈阳铸造研究所等合编,球墨铸铁,机械工业出版社,(1982).
- 布·刘克斯,伊·明科夫,弗·莫拉德(上海工业大学等译),铸铁冶金学,机械工业出版社,(1983).
- 陆文华,铸铁及其熔炼,机械工业出版社,(1981).
- 吴洛平、陈子文等,钢在切削过程中碳化物形貌变化,华侨大学学报(自然科学版),(11,2(1990)).

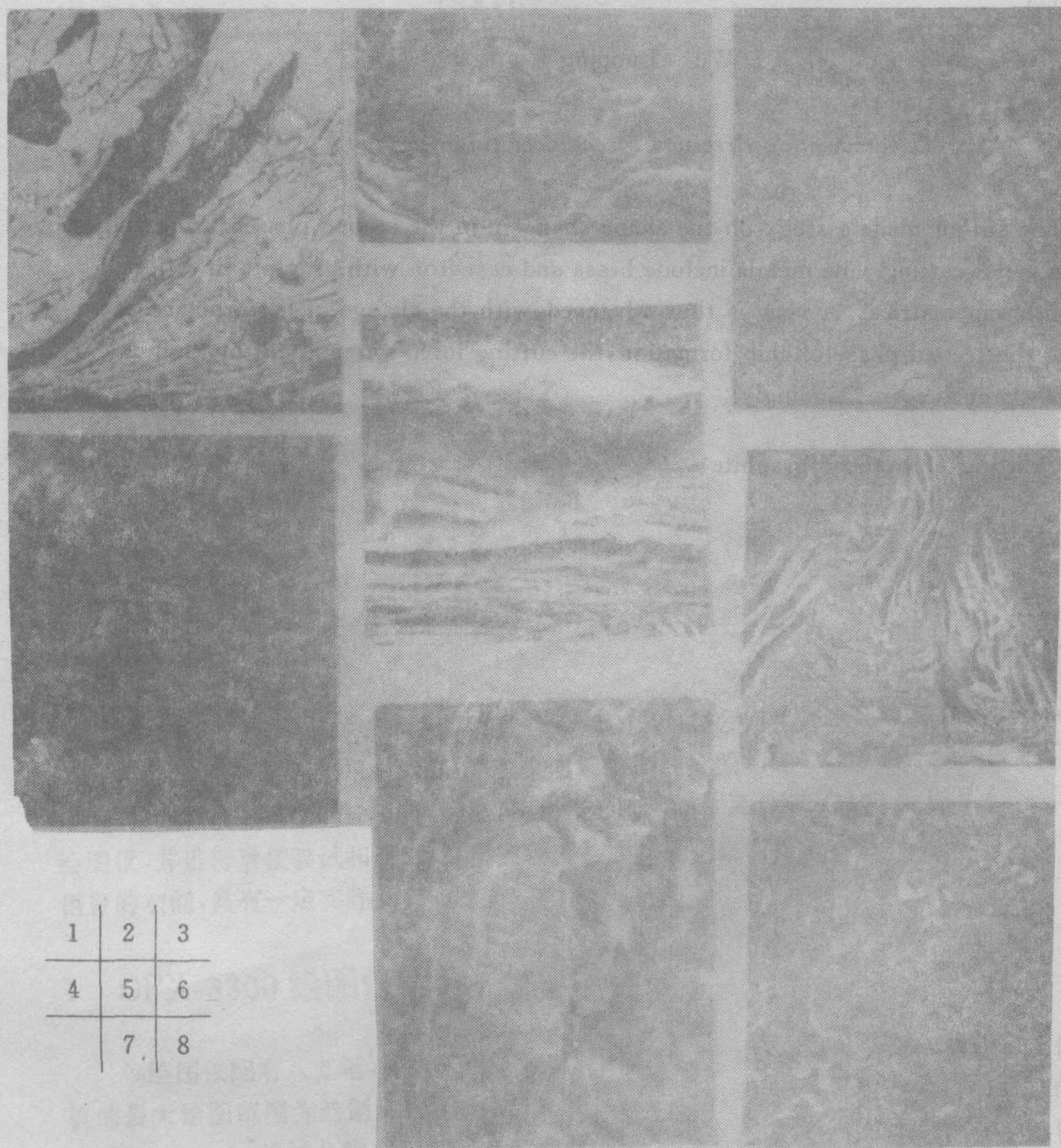


图版 I 说明

1—2. H62 黄铜; 1. 切屑全貌 100x; 2. 滞流层 720x;

3—5. 球光体为基灰口铸铁; 3. 全貌 400x; 4. 底部 3000x(扫描电镜); 5. 石墨尖端附近 1600x;

6—8. 铁素体为基可锻铸铁; 6. 低速切削下切屑形貌 1200x; 7. 高速切削下切屑形貌 325x; 8. 扫描电镜下滞流层 640x.



1	2	3
4	5	6
	7	8

图版 I 说明

1—2. 高速切削下铁素体为基球墨铸铁:1. 切屑形貌 325x;2. 扫描电镜下切屑底部 480x;

3—6. 球光体为基球墨铸铁:3. 低速切削下切屑形貌 200x;4. 高速切削下切屑中部石墨及基体 1000x;5. 扫描电镜下切屑底部 1200x;6. 扫描电镜下切屑上部 1200x;

7—8. 扫描电镜下石墨小晶体重叠形态:7. 团絮状 1000x;8. 球状 10200x.

Shape Change in the Second Phase during Chip Formation in Metal Cutting

Wu Luoping

(Department of Precision Mechanical Engineering)

Abstract The author made a study on the shape change in the second phase during chip formation in metal cutting. The metals include brass and cast-iron with graphite of different shape and different matrices. A view is thus advanced; with the change of performance and shape during the second phase of chip formation, the cutting force of metal cutting and chip shape will be changed correspondingly.

Key words cutting, chips, host, graphite